

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004036

International filing date: 02 March 2005 (02.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-060511
Filing date: 04 March 2004 (04.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 21 April 2005 (21.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

PCT/JP2005/004036

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

02.03.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 3月 4日

出願番号
Application Number: 特願2004-060511

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

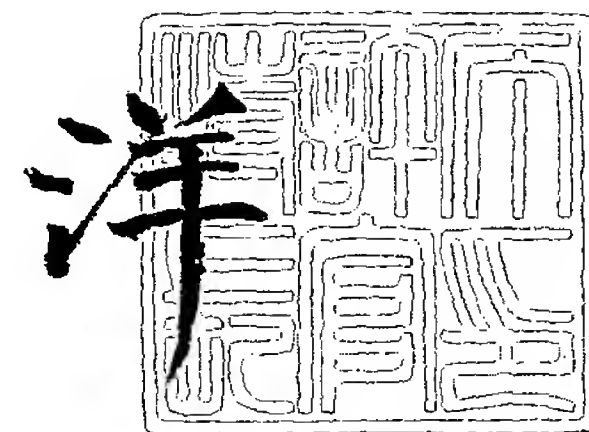
J P 2004-060511

出願人
Applicant(s): シャープ株式会社

2005年 4月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2005-303085

【書類名】 特許願
【整理番号】 04J00438
【提出日】 平成16年 3月 4日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/00
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区长池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
 【氏名】 田草 康伸
【特許出願人】
 【識別番号】 000005049
 【氏名又は名称】 シャープ株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100085501
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 佐野 静夫
【選任した代理人】
 【識別番号】 100111811
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 山田 茂樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 024969
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0208726

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基板上にアモルファスシリコン膜を形成する成膜工程と、前記アモルファスシリコン膜の多結晶化に向けて前記アモルファスシリコン膜の改質を行う 1 工程以上からなる前処理工程と、前記前処理工程を行い改質したアモルファスシリコン膜にレーザ処理を行って多結晶シリコン膜を製造するレーザ処理工程と、を有した半導体装置の製造方法において、前記前処理工程後のアモルファスシリコン膜に対する所定の検査に基づいて、レーザパワーを決定するレーザパワー検査抽出工程を有し、前記レーザ処理工程は、前記レーザパワー検査抽出工程で決定されたレーザパワーを用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記レーザパワー検査抽出工程は、前記前処理工程後のアモルファスシリコン膜の所定の領域に対する検査に基づいて、レーザパワーを決定することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記レーザパワー検査抽出工程は、分光法を用いた検査に基づいて、レーザパワーを決定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記分光法の測定波長は、7 0 0 から 8 0 0 n m を用いることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記レーザパワー検査抽出工程は、測定点に光を照射して測定点を対象に取得した画像を検出する画像法を用いた検査に基づいて、レーザパワーを決定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記画像法を用いた検査は、異物や膜質異常を検査することを特徴とする請求項 5 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記分光法および前記画像法を用いた検査は、測定点に対して、測定点の周囲から測定用の光を照射して検査を行うことを特徴とする請求項 3 - 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記レーザパワー検査抽出工程は、前記レーザ処理工程でレーザ処理を行うレーザ装置近傍で検査が行なわれることを特徴とする請求項 1 - 7 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記レーザパワー検査抽出工程は、基板上的膜表面を検査することを特徴とする請求項 1 - 8 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 0】

前記レーザパワー検査抽出工程は、多結晶シリコン膜の検査機能とレーザパワーを決定する検査機能の両方を備えた装置を用いて検査することを特徴とする請求項 1 - 9 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 1】

前記レーザパワー検査抽出工程は、検査結果に測定定量値を設けることを特徴とする請求項 1 - 1 0 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 2】

前記測定定量値は、較正用基板を配置し、較正を行う機能を有した装置を用いて決定されることを特徴とする請求項 1 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 3】

前記レーザパワー検査抽出工程は、多結晶シリコン膜の検査機能と、レーザパワーの最

適値を自動決定し、その自動決定されたレーザパワーの最適値をレーザ処理装置に自動供給する機能と、の両方を備えた装置を用いて検査を行うことを特徴とする請求項 1 - 1 2 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 4】

前記レーザ処理工程は、前記レーザパワー検査抽出工程で決定されたレーザパワーの最適値よりも 5 m J あるいは 1 0 m J 低いレーザパワーを用いることを特徴とする請求項 1 - 1 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 5】

前記レーザパワー検査抽出工程は、多結晶シリコン膜を多点測定検査を行うことを特徴とする請求項 1 - 1 4 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 6】

前記レーザパワー検査抽出工程は、レーザ処理前に基板上の膜のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率を判別検査することを特徴とする請求項 1 - 1 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 7】

前記レーザパワー検査抽出工程は、レーザ処理後に基板上の膜のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率を判別検査することを特徴とする請求項 1 - 1 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 8】

前記レーザパワー検査抽出工程は、レーザ処理前後に基板上の膜のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率を判別検査することを特徴とする請求項 1 - 1 7 に記載の半導体装置の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体装置の製造方法

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、薄膜トランジスタ（以下、T F T [Thin Film Transistor]）で構成された回路を有する半導体装置の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

多結晶シリコン膜を用いたT F Tは、各社が競って性能向上の開発を進め、システム化の目標例として将来のシートコンピュータ等の実現を目指し、各種システム化が進みつつある。液晶表示装置の高性能化の1つとして、T F Tのキャリア移動度を向上させることが有効である。そのため、アモルファスシリコン膜に代わって、多結晶シリコン膜がT F Tに応用されている。多結晶シリコン膜を用いたT F T特性の高性能化に対して、重要な役割をはたす多結晶シリコン膜の性能と品質が向上する安定した製造方法の開発が必要となっている。

【0 0 0 3】

多結晶シリコン膜を用いたT F T製造時には、予め化学気相成長法によりガラス基板上に形成されたアモルファスシリコン膜を多結晶シリコン膜に改質する方法がある。その結晶化の方法として、ガラス基板上に形成されたアモルファスシリコン膜にエキシマレーザを照射して多結晶シリコン膜に改質させるレーザ処理がある。レーザ処理による多結晶化は、ガラス基板の歪点以下の低い温度で行うことができるため、耐熱性のある高価な石英基板を用いる必要がない利点があり、多くの大学や企業が開発を競っている。また、T F T特性の更なる向上を目指して、レーザ処理による結晶化時の粒径拡大化の技術開発が進められている。

【0 0 0 4】

レーザ処理による結晶化時の粒径拡大化の技術として、当社では他社に先駆け、触媒を用いた多結晶シリコン膜形成法（C G S法[Continuous Grain Silicon]）を開発している。これは、アモルファスシリコン膜に結晶化を助長する金属元素（例えばニッケル）を添加し、加熱処理を行うことで添加金属元素領域を起点として広がる結晶質シリコンを形成（S P C工程）し、更にレーザ処理によってアモルファスシリコン膜層の略全域に結晶化を進める製造方法である。この製造方法によりキャリア移動度 $100\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の高性能多結晶シリコンが製造できる。

【0 0 0 5】

また、他の粒径拡大化の技術として、レーザ処理工程を複数回行う等の方式も開発されている。

【0 0 0 6】

しかし、レーザ処理を用いて結晶化を行うと、多結晶シリコン膜に例えば $1\mu\text{m}$ 以上の粒径の結晶粒界が形成され、粒径が大きくなるに従い、多結晶シリコン膜に結晶粒を押し上げるようにその結晶粒界に沿って形成される突起の量も増加し、多結晶シリコン膜の表面の凹凸量（表面粗さ）が増加する。

【0 0 0 7】

また、レーザ処理のレーザパワーが、レーザパワーの最適値より、小さすぎるとアモルファスシリコンの結晶化が完全に進まず、大きいと結晶化が促進されるが、レーザパワーの最適値より少しでもレーザパワーが大きくなるとアモルファスシリコン膜の再結晶化が進んで微結晶化してしまい、多結晶シリコン膜の特性が悪くなる。

【0 0 0 8】

また、レーザ処理装置のレーザパワーは、レーザパワー設定値から経時的に変化し、ガラス基板上に成膜されるアモルファスシリコン膜の膜質も経時的に変化するため、多結晶シリコン膜の安定製造を妨げる。

【0 0 0 9】

上記のようにレーザ処理により製造された多結晶シリコン膜は、レーザパワーに敏感に依存するため、適正なレーザパワーの設定が、重要な項目となる。

【0010】

このため、製造工程にレーザパワーの最適値を決定するための工程を追加し、そのレーザパワー最適値を用いてレーザ処理工程を行うモニタリング方法が、開示・提案されている（例えば、特許文献1を参照）。

【特許文献1】特開2001-257176号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

確かに上記のような工程を備えた半導体装置の製造方法であれば、ある程度は最適なレーザパワー値の設定を行うことが可能かもしれない。

【0012】

しかしながら、上記では、アモルファスシリコン膜の改質を行う1工程以上からなる前処理工程を経た基板に対しては、最適なレーザパワーを設定するためのモニタリング方法を記述していない。最適なレーザパワーを決定する時点でのモニタ基板の製造プロセスと、決定されたレーザパワーを用いてレーザ処理される時点での製品基板の製造プロセスフローが異なる可能性がある。例えば、図1の工程フロー図のように、触媒添加加熱するSPC工程2を経ていないアモルファスシリコン膜付きモニタ基板を用いて、最適パワー検査抽出工程4でレーザパワーを決定してしまう可能性がある。

【0013】

また、従来、最適パワー検査抽出工程4での測定結果からどのように判別して最適なレーザパワーを決定するか、また基板内の分布や経時変化に対し、どのような手法で絶対評価を行い、良否判別の自動化を行うか詳細に述べられていなかった。

【0014】

上記のように、実際には、最適化されたレーザパワーがレーザ処理工程で用いられて製造されているとは限らず、そのため、性能と品質が低下したまま多結晶シリコン膜が製造されていた。従って、より最適なレーザパワーの設定を行って多結晶シリコン膜を製造する必要がある。

【0015】

本発明は、上記の問題点に鑑み、アモルファスシリコン膜から多結晶シリコン膜へ結晶化を行うレーザ処理工程でのレーザパワーをより最適値に合わせて、性能品質の向上した多結晶シリコン膜を安定して製造する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するために、本発明に係る半導体装置の製造方法は、基板上にアモルファスシリコン膜を形成する成膜工程と、前記アモルファスシリコン膜の多結晶化に向けて前記アモルファスシリコン膜の改質を行う1工程以上からなる前処理工程と、前記前処理工程を行い改質したアモルファスシリコン膜にレーザ処理を行って多結晶シリコン膜を製造するレーザ処理工程と、を有しており、前記前処理工程後のアモルファスシリコン膜に対する所定の検査に基づいて、レーザパワーを決定するレーザパワー検査抽出工程を有し、前記レーザ処理工程は、前記レーザパワー検査抽出工程で決定されたレーザパワーを用いるとよい。この方法により、従来より最適なレーザパワー状態で多結晶シリコン膜が製造でき、量産製品において品質向上安定化を図ることができる。

【0017】

また、上記の半導体装置の製造方法において、レーザパワー検査抽出工程は、前記前処理工程後のアモルファスシリコン膜の所定の領域に対する検査に基づいて、レーザパワーを決定するとよい。最適なレーザパワーは、レーザ処理前のアモルファスシリコン膜の膜厚や膜質に応じて変動するが、本発明により、製品基板ごとにより最適なレーザパワーを求めて多結晶シリコン膜を製造することが可能となる。モニタ基板を使用する場合に比べ

て、余分な材料や工程処理が低減され製造効率を上げることができる。

【 0 0 1 8 】

また、上記の半導体装置の製造方法において、前記レーザパワー検査抽出工程は、分光法を用いた検査に基づいて、レーザパワーを決定するとよい。より精度良く安定して最適なレーザパワー決定することが可能となる。分光分析装置本体から測定ポイントまで光ファイバーを用いてコンパクトに配置することも可能である。

【 0 0 1 9 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記分光法の測定波長に 7 0 0 から 8 0 0 nm の波長を用いるとよい。前記波長領域の分光特性は、高品質な多結晶シリコン膜に特有に観察されるため、高品質な多結晶シリコン膜が製造されているかどうか判別することが可能となる。また、例えば、波長 3 0 8 nm の X e C l レーザ処理光に感知することなくレーザ処理室内や近傍で測定が可能となる。

【 0 0 2 0 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、レーザパワー検査抽出工程は、測定点に光を照射して測定点を対象に取得した画像を検出する画像法を用いて検査を行い、レーザパワーを決定するとよい。本発明により、より精度良く安定して最適なレーザパワーを決定することが可能となる。また、撮影された画像により膜表面の膜ムラ異常を検出することも可能である。

【 0 0 2 1 】

なお、前記画像法を用いた検査を異物や膜質異常を検査に用いてもよい。本発明により、製造された多結晶シリコン膜に異常がないか即座に検査することが可能になる。

【 0 0 2 2 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記分光法および前記画像法を用いた検査は、測定点に対して、測定点の周囲から測定用の光を照射して検査を行うとよい。この方法により、多結晶シリコン膜の結晶性の方向が、ランダムであっても、方向性を持っていたとしても、測定される分光特性値や輝度値が一定の測定環境で測定できる。

【 0 0 2 3 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザパワー検査抽出工程は、前記レーザ処理工程でレーザ処理を行うレーザ装置近傍で検査が行うとよい。これにより、決定されたレーザパワーをレーザ処理装置へ早くフィードバックすることが可能になる。特に、製品基板を用いて、レーザパワーを決定した場合、即座にレーザ処理が可能となるため、レーザ処理装置の光源の経時的な不安定性を考慮することなく、多結晶シリコン膜の製造ができる。

【 0 0 2 4 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザパワー検査抽出工程で、基板上の膜の表面検査を行うとよい。レーザ処理工程後の多結晶シリコン膜のスジ模様を検査すると、レーザ処理のレーザパワーが、最適なレーザパワーに対して、過小か超過であることが判断でき、レーザパワーの経示的な変化が適切にできる。

【 0 0 2 5 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザパワー検査抽出工程で、多結晶シリコン膜の検査機能とレーザパワーを決定する検査機能の両方を備えた装置を用いて検査すると、装置の設置面積を低減と製造設備投資の低減が図れる。

【 0 0 2 6 】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザパワー検査抽出工程は、検査結果に測定定量値を設けるとよい。この測定定量値を多結晶シリコン膜やアモルファスシリコン膜の特性分布、特性推移、特性の良否等の判別に利用できる。

【 0 0 2 7 】

なお、前記測定定量値は、校正用基板を配置し、校正を行う機能を有した装置を用いて決定されるとよい。これにより、測定精度が向上し、特に校正用基板を配置することにより、校正用基板の装置内への出し入れ機構が不要で、測定サイクルも短縮できる。

【0028】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザーパワー検査抽出工程は、多結晶シリコン膜の検査機能と、レーザーパワーの最適値を自動決定し、その自動決定されたレーザーパワーの最適値をレーザー処理装置に自動供給する機能の両方を備えた装置を用いて検査を行うとよい。本発明により、これまでは最適なレーザーパワーを人が判断して、レーザー処理装置のレーザーパワーを設定していたため、人為的ミスを生じることがあったが、この人為的ミスが解消される。また、レーザー装置にレーザーパワーの設定が効率よく行うことが可能となる。

【0029】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザー処理工程は、前記レーザーパワー検査抽出工程で決定されたレーザーパワーの最適値よりも5mJあるいは10mJ低いレーザーパワーを用いるとよい。前記レーザーパワー検査抽出工程で決定されたレーザーパワーの最適値でレーザー処理を行うと、最適なレーザーパワー値の面内分布の影響を受けて、レーザーパワーの最適値よりも高いレーザーパワーでレーザー処理される可能性がある。レーザーパワーの最適値よりも高いレーザーパワーでレーザー処理された場合、多結晶シリコン膜の性能品質が急激に低下する。本発明により、面内分布の影響を受けることなく、より長時間安定した多結晶シリコン膜を製造することが可能となる。

【0030】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザーパワー検査抽出工程で、多結晶シリコン膜の多点測定検査を行うとよい。多結晶シリコン膜には、基板毎の膜厚や膜質分布による最適なレーザーパワーの分布があり、複数台のレーザー装置毎で、例えば、レンズ等の光学部品のばらつきや調整等によって分布が生じる。最適なレーザーパワーの基板内分布を計測することにより、製造条件毎やレーザー装置毎の最適なレーザーパワーのトレンドを把握して、品質改善、装置メンテナンス時間の最適化および装置異常の発見等に役立てることができる。

【0031】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザーパワー検査抽出工程は、レーザー処理前に基板上の膜のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率を判別検査するとよく、多結晶シリコン膜の性能と品質を安定化し歩留り向上を図る事ができる。

【0032】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザーパワー検査抽出工程は、レーザー処理後に基板上の膜のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率を判別検査するとよい。レーザー処理後の結晶化していないアモルファスシリコン膜の残りを速やかに検査することにより、例えば、レーザー前処理工程での異常やレーザーの光学系の異常等による性能異常を速やかに検出することができ、早期発見と対策が可能となる。

【0033】

また、上記記載の半導体装置の製造方法において、前記レーザーパワー検査抽出工程は、レーザー処理前後に基板上の膜のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率を判別検査するとよい。本発明により、レーザー処理前後のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率のデータを比較することにより、不良要因の特定に役立てることができ、量産ロスを効率的に低減できる。

【発明の効果】

【0034】

本発明に係る半導体装置の製造方法であれば、レーザー処理工程において最適なレーザー処理を安定して行うことが可能となるため、高品質の多結晶シリコン膜を安定して製造することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

以下では、本発明を適用した触媒を用いた多結晶シリコン膜の製造方法を例に挙げて説明を行う。図2は、本発明に係る製造方法の工程の1例を示すフロー図である。図2に示

すように本実施形態の触媒を用いた多結晶シリコン膜の製造方法（CGS法[Continuous Grain Silicon]）は、ガラス基板上に化学気相成長によりアモルファスシリコン膜を成膜するアモルファスシリコン成膜工程11と、アモルファスシリコン膜に結晶化を助長する金属元素（例えばニッケル）を添加後、加熱処理を行うことで添加領域を起点として広がる結晶質シリコンを形成するSPC工程12と、SPC工程を経たアモルファスシリコン膜にレーザを照射し、基板全領域に多結晶シリコン膜を形成するレーザ処理工程13と、SPC工程12に続いてレーザ処理工程13を経たモニタ基板を用いてレーザ処理のレーザパワーの最適値を求める最適パワー検査抽出工程14と、レーザ処理工程後にゲート絶縁膜を形成するゲート絶縁膜成膜工程15と、を有してなる。

【0036】

最適パワー検査抽出工程14は、レーザ処理工程13で、SPC工程12を経て抜き取られたモニタ基板に、レーザ処理工程13で、レーザ処理のレーザパワーを、例えば5または10mJずつ10ステップ増加させたパワーで、レーザ照射を行う場所を、例えば10mm弱のレーザ照射幅で10mmずつ移動させながらレーザ処理をされたモニタ基板表面の各レーザパワーの箇所に対して、検査装置で計測し、強度ピーク高さ（例えば後述の画像法であれば輝度）が極大となるレーザパワーをレーザ処理工程13の最適なレーザパワーの値を求める工程である。

【0037】

次に、図2の上記フローから成る触媒を用いた多結晶シリコン膜の製造方法（CGS法）の1例を説明する。アモルファスシリコン成膜工程11でガラス基板上に化学気相法により、アモルファスシリコン膜が例えば50nm成膜された後、SPC工程12でガラス基板上のアモルファスシリコン膜に結晶化を助長する例えばニッケルが添加され、更に加熱処理を行うことによって、ニッケルの添加領域を起点として結晶質シリコンが形成される。次に、レーザ処理工程13で、SPC工程12処理後の基板の中から抜き取られたモニタ基板に、レーザ処理のレーザパワーを、例えば5または10mJずつ10ステップ増加させたレーザパワーで、レーザ照射を行う場所を、例えば10mm弱のレーザ照射幅で10mmずつ移動させながらレーザ処理を行い、基板全領域に多結晶シリコン膜を形成した後、最適パワー検査抽出工程14でモニタ基板上に形成された膜質の異なる多結晶シリコン膜を検査装置で測定し、レーザパワーの最適値を求める。求められたレーザパワーの最適値をレーザ処理工程13にフィードバックして、レーザ処理工程13で後続のSPC工程12処理後の基板表面に、最適なレーザパワーに設定されたレーザが照射され、基板全領域に多結晶化が進行して高品質な多結晶シリコン膜が製造される。

【0038】

また、実際、レーザパワーは、経時的に変化し、基板上に成膜されるアモルファスシリコン膜の膜質も経時的に変化するため、例えば1～数ロット毎に最適パワー検査抽出工程14を行い、レーザパワーを精密にコントロールして製造管理を行うとよい。

【0039】

レーザ処理のレーザパワーの最適値を超えて少しでもレーザパワーが大きくなるとアモルファスシリコン膜の再結晶が進んで微結晶化してしまい、急激に多結晶シリコンの性能品質低下が生じる、また、最適なレーザパワーは基板内で面内分布（5～10mJの差）があるので、面内分布の影響を考慮して、例えば、5mJあるいは10mJ程度、レーザパワーを最適値から低く設定してレーザ処理工程を行う事により、より長時間安定した膜を製造することが可能となる。

【0040】

なお、多結晶シリコン膜を形成する方法としてSPC工程を経るCGS法を示したが、SPC工程の代わりにレーザ処理工程を2度経る等の他の方式もあり、他の方式においてもモニタ基板あるいは製品用基板を用いて上記と同様に最終レーザ処理工程前に最適なレーザパワーを決定してもよい。

【0041】

TFT製造完了まで説明すると、上記のレーザ処理工程13で製造された多結晶シリコ

ン膜に、ゲート絶縁膜成膜工程 15 で多結晶シリコン膜上に、例えば 100 nm のゲート絶縁膜が成膜され、更に図示していない次工程でゲート絶縁膜上にゲート電極となる金属膜が成膜され、金属膜とゲート絶縁膜をパターンニングし、ソース及びドレイン領域となる多結晶シリコン膜を露出させる。次に、露出部の多結晶シリコン膜に不純物をドーピングして、ソースおよびドレイン領域を形成して TFT が製造される。

【0042】

上記では、モニタ基板を用いて最適なレーザパワーを求めることを述べたが、SPC 工程 12 処理後の製品基板に対して、多結晶シリコン膜を製品と使用しない基板上の部分を使用して、最適なレーザパワーを求めてもよい。これによりレーザ処理前のアモルファスシリコン膜の膜厚や膜質に応じて変動する最適なレーザパワーに影響されることなく、実製品基板の状態により近づけて求めることができる。しかも、モニタ基板を処理する場合に比べ余分な材料や工程処理が低減され製造効率が向上する。

【0043】

図 3 は、モニタ基板の代わりに、SPC 工程後の製品基板上に検査用のレーザ処理を行う場所の 1 例を示す図である。SPC 工程後の製品基板 20 に対し、最終的に製品として機能する機能素子部 21 を除いた部分に、本例ではアモルファスシリコン膜の膜厚が安定している真中（端であってもよい）に、レーザ処理が必要なレーザパワー数の箇所（箇所）にレーザパワーモニタ部 22 を配置して所望のレーザパワーが照射される。

【0044】

図 4 は、図 3 の製品基板 20 を用いて最適なレーザパワーを求めて多結晶シリコン膜の形成することを示したフローの 1 例である。図 4 に示すような本実施形態の触媒を用いた多結晶シリコン膜の製造方法（CGS 法）は、ガラス基板上に化学気相成長によりアモルファスシリコン膜を成膜するアモルファスシリコン成膜工程 23 と、アモルファスシリコン膜に結晶化を助長する金属元素（例えばニッケル）を添加後、加熱処理を行うことで添加領域を起点として広がる結晶質シリコンを形成する SPC 工程 24 と、SPC 工程を経たアモルファスシリコン膜にレーザを照射し、基板全領域に多結晶シリコン膜を形成するレーザ処理工程 25 と、SPC 工程 24 に続いてレーザ処理工程 25 を経た製品基板を用いてレーザ処理のレーザパワーの最適値を求める最適パワー検査抽出工程 26 と、レーザ処理工程後にゲート絶縁膜を形成するゲート絶縁膜成膜工程 27 と、を有してなる。

【0045】

最適パワー検査抽出工程 26 は、レーザ処理工程 25 で、SPC 工程 24 を経て抜き取られた製品基板に、レーザ処理工程 25 で、製品基板のレーザパワーモニタ部 22 の各箇所ごとに、レーザ処理のレーザパワーを、例えば 5 または 10 mJ ずつ 10 ステップ増加させたパワーで、レーザ処理を行い、レーザパワーモニタ部 22 に多結晶シリコン膜を形成した後、レーザパワーモニタ部 22 の各箇所に形成された膜質の異なる多結晶シリコン膜を検査装置で計測し、強度ピーク高さが極大となるレーザパワーをレーザ処理工程 25 のレーザパワーの最適値として求める工程である。

【0046】

次に上記フロー図 4 から成る触媒を用いた多結晶シリコン膜の製造方法（CGS 法）の 1 例を説明する。アモルファスシリコン成膜工程 23 でガラス基板上に化学気相法により、アモルファスシリコン膜が例えば 50 nm 成膜された後、SPC 工程 24 でガラス基板上のアモルファスシリコン膜に結晶化を助長する例えばニッケルが添加され、更に加熱処理を行うことによって、ニッケルの添加領域を起点として結晶質シリコンが形成される。次に、レーザ処理工程 25 で、製品基板のレーザパワーモニタ部 22 の各箇所ごとに、レーザ処理のレーザパワーを、例えば 5 または 10 mJ ずつ 10 ステップ増加させたパワーで、レーザ処理を行い、レーザパワーモニタ部 22 に多結晶シリコン膜を形成した後、最適パワー検査抽出工程 26 でレーザパワーモニタ部 22 の各箇所に形成された膜質の異なる多結晶シリコン膜を検査装置で測定し、レーザパワーの最適値を求める。求められたレーザパワーの最適値をレーザ処理工程 25 にフィードバックして、レーザ処理工程 25 で残りの SPC 工程 24 処理後の製品基板表面に、最適なレーザパワーに設定されたレーザ

が照射され、基板全領域に多結晶化が進行して高品質な多結晶シリコン膜が製造される。

【0047】

また、実射レーザーパワーは、経時的に変化したり、基板上に成膜されるアモルファスシリコン膜の膜質も経時的に変化したりするため、例えば1～数ロット毎に最適パワー検査抽出工程26を行い、レーザーパワーを精密にコントロールして製造管理を行う。

【0048】

レーザー処理のレーザーパワーの最適値を超えて少しでもレーザーパワーが大きくなるとアモルファスシリコン膜の再結晶が進んで微結晶化してしまい、急激に多結晶シリコンの性能品質低下が生じる、また、最適なレーザーパワーは基板内で面内分布(5～10mJの差)があるので、面内分布の影響を考慮して、例えば、5mJあるいは10mJ程度、レーザーパワーを最適値から低く設定してレーザー処理工程を行う事により、より長時間安定した膜を製造することが可能となる。

【0049】

なお、多結晶シリコン膜を形成する方法としてSPC工程を経るCGS法を示したが、SPC工程の代わりにレーザー処理工程を2度経る等の他の方式もあり、他の方式においてもモニタ基板あるいは製品基板を用いて上記と同様に最終レーザー処理工程前に最適なレーザーパワーを決定してもよい。

【0050】

次に、図2に示した最適パワー検査抽出工程14でのレーザーパワーの最適値を求める方法に重点をおいて以下に説明する。

【0051】

図5は、分光法の1例であるラマン分光法による測定結果を示す。図5のLPSと示したスペクトルは、アモルファスシリコン成膜工程のみ経た基板に異なるレーザーパワーで異なる箇所にレーザー処理された従来プロセスのモニタ基板(図1のフローで処理されたモニタ基板)の測定結果である。図5のCGSと示したスペクトルは、SPC工程12まで経た基板に異なるレーザーパワーで異なる箇所にレーザー処理した本発明の新プロセスモニタ基板(図2のフローで処理されたモニタ基板)の測定結果である。

【0052】

図5に示すように、従来プロセスのLPSスペクトルでは、ピークが2～3点あるが、第1ピークが、最適なレーザーパワーの値に最も近い値のピークであることから、最適なレーザーパワーの特定が可能である。新プロセスのCGSスペクトルでは、ピークが複数みられ、測定ばらつきに対してピークが特定困難で、かつ従来プロセスのLPSスペクトルのように明確に最適なレーザーパワーの値を割り出す手段が無かった。

【0053】

最適なレーザーパワーの値を特定できなかった原因は、ラマン分光法は微弱な光量変化を測定するため、測定ばらつきが多く、特にレーザー処理による結晶化時の粒径の拡大化が進むと、多結晶シリコン膜に結晶粒を押し上げるようにその結晶粒界に沿って形成された突起量の増加に伴い、多結晶シリコン膜の表面の凹凸量(表面粗さ)が増加するため、測定バラつきが多くなってしまったためである。

【0054】

上記のようにラマン分光法測定は、測定ばらつきが多いこと、測定ばらつきが多いため、1測定場所に付き10回測定し平均化した値を測定値とする必要があり、測定に時間がかかるなどの問題点がある。

【0055】

次に、上記のラマン分光法と異なる分光法によるモニタリングの1例を説明する。図6は、ラマン分光法と異なる分光法によるモニタリングの原理を説明するための図である。

【0056】

図6の分光分析装置30は、光を照射する光源ボックス31と、反射された光を受光する分光器32と、光を伝達する照射用および受光用光ファイバー33と、基板へ略垂直に光を照射受光するヘッド34を備え、照射用および受光用光ファイバー33は、それぞれ

の先端の片側が1つに束ねられ、ヘッド34に接続されている。

【0057】

図7は、図6のヘッド34先端部の拡大図を、図8は、図6のヘッド34先端の光ファイバー配置図を示す。ヘッド34の先端部には、中央に受光用ヘッド34aに受光用光ファイバー33が配置され、その周囲に均等な角度位置に配置された光照射用ヘッド34bに照射用光ファイバー33（本実施例では6本の光ファイバーを示す）が配置されている。

【0058】

上記のように、基板36に対し略垂直に光を照射し、かつ、光照射部を測定ポイントの外周直上に均等に配置する事により、測定基板の結晶構造が異方性であっても測定システムの設置方向に対して測定誤差が生じず、また、大型ガラス基板のように多少のそりが発生し測定ポイントに垂直方向からの角度ずればらつきが生じても誤差を小さくして精度良く測定することができる。

【0059】

上記には、反射型の例を示したが、基板36と基板上の膜35が、ガラスのように光透過材料の場合は透過型でも良い。ただし、反射型の方がヘッドやファイバーを一体化して、軸合わせが容易で、コンパクトに配置できる。

【0060】

図6、図7および図8に示した分光分析装置による測定の原理を説明する。光源ボックス31から照射された光は、照射用の光ファイバー33を通して基板の表面に略垂直にヘッドより照射される。照射された光は、基板の表面で反射され、受光用ヘッド34aから受光用の光ファイバー33を通して、分光器32で分光されることによって、反射光の反射率の波長分布曲線が得られ、この測定結果より基板上の膜35の結晶性を解析する方法である。

【0061】

また、後述の画像法のように、基板上の膜35の模様を検査することによりレーザーパワーの過不足を判断する画像カメラ37を有することが好ましく。例えば、画像カメラ37は、量産装置に備えられる基板のマーカを観察して位置あわせのためのカメラなどと併用することによりコストや設置スペースを低減することができる。

【0062】

図6に示した分光分析装置30は、測定ポイントまで、ヘッド34の付いた光ファイバー33を引き回してコンパクトに配置して計測してもよく、例えば、レーザー処理装置の受入・払出部と受入れ洗浄装置との間に組込む事ができる。

【0063】

しかも、レーザー処理に使用するレーザー波長と異なる分光分析波長の選択が可能なので、波長400nm以上の可視光領域を分析光とすることで、例えばレーザー処理装置内（例えば、XeClレーザー、波長=308nm）でレーザー処理をしながらリアルタイムで即座にレーザー処理完了部の膜質検査を精度高く測定可能である。従って、モニタ部とレーザー処理部の僅かな間隔（例えば50mm）でレーザーのInsituモニタを行い、レーザーパワーを最適値に制御しながらレーザー照射中の基板の量産処理をすることも可能である。実際、本測定波長は、レーザー処理のレーザー光の波長域と異なっているので、Insituモニタが可能である。

【0064】

本測定に用いる分光分析装置としては、照射と受光ヘッドが一体化した分光分析装置、例えば松下インターテクノ（株）取扱い・Filmmetrics社製F20などがあり、照射と受光ヘッドが分離した形としてはオムロン製Z5FM、ライン状の一括検査が検査でき目視判定時等に効率的な計測判定処理が可能である川鉄テクノリサーチ製ImSpecteror等があるが、ほか何れの種類の装置であっても良い。ただし、自動検出判別を行うには後述のような判別システムプログラムを設ける必要がある。

【0065】

図9は、図1のフローで製造された従来プロセスのモニタ基板上的のアモルファスシリコン膜にレーザーパワーを 260 mJ/cm^2 から 450 mJ/cm^2 まで変化させて結晶化を行った場合の多結晶シリコン薄膜について、図6の分光分析装置と同じ原理のFilmmetrics社製F20を用い分光特性を測定し表示した例である。

【0066】

レーザーパワーを複数段ステップアップしたときの分光特性プロファイルの推移を示している。これらのスペクトルのうち、サブピークに極大値と極小値を持つレーザーパワー $360\sim 370\text{ mJ/cm}^2$ のスペクトル40が、最適な多結晶シリコン膜の結晶状態のスペクトルである。

本例のレーザーパワー領域では、極小値および極大値は、 400 nm 強の波長に極小値、 600 nm 辺りに極大値のピーク値を持ち、比較的なだらかなプロファイルを示す。レーザーパワーの最小値 260 mJ/cm^2 （スペクトル38）からレーザーパワーを増加させていくと、凡そ 480 nm に極大値、凡そ 520 nm に最小値のサブピークが現れ、徐々にこの傾向が顕著になり、最適な結晶状態であるレーザーパワー $360\sim 370\text{ mJ/cm}^2$ 辺り（スペクトル40）を超えて、またサブピークは薄れていき消えていく。このような事から、スペクトルプロファイルの比較による目視判定で、最適なレーザーパワーを割り出すことが可能である（この比較判定により、光源の光量変動等によるプロファイルのシフトは無視できる）。

【0067】

ただし、光源の光量劣化や分光センサの特性変動等による測定分光プロファイルの変動を考慮し、かつ、自動的に量産品で長期間、結晶化の測定判定を行うには、校正可能な定量値を定める事が好ましい。これにより、量産品の膜の特性分布、特性推移、良否を判別することも可能となる。

【0068】

上記の定量値の設定としては、1) 反射強度の極小値（例えば、図9に示したスペクトルの 500 nm 強波長辺りの極小値）、2) 凹部落込み量（図10参照）、3) 凹部半値幅（図10参照）、4) 凹部の面積（図11に示すように接線と測定曲線に囲まれた面積）、5) そのほか 500 nm 弱辺りの上記同様凸部の段差、半値幅、凸部面積など各種が考えられる。本発明の実証検討では、上記項目4) 凹部の面積の極大値が最適結晶状態との誤差が少なく量産適用可能な事を確認している。

【0069】

図12に、図2のフローで製造された新プロセスのSPC工程処理後のアモルファスシリコン膜にレーザー処理工程でレーザーパワーを 280 mJ/cm^2 から 320 mJ/cm^2 まで変化させて、結晶化を行った場合の多結晶シリコン薄膜について、図6の分光分析装置と同じ分光原理のFilmmetrics社製F20を用いて分光特性を測定した結果を示す。図12中のスペクトルにおいて、波長 500 nm 近傍の傾向は、図9の従来プロセスの多結晶シリコン膜での測定スペクトルと同様な傾向を表しており、最適なレーザーパワーの判別が可能である。

【0070】

また、図2のフローで製造された新プロセスの多結晶シリコン膜が、図1のフローで製造された従来プロセスの多結晶シリコン膜と異なる分光特性として、図12の波長 750 nm 辺りに凹部（極小点）を形成していることである。定量値の設定に、この波長 750 nm 辺りのスペクトル変化を上記で示した定量値の方法を利用してもよい。

【0071】

また、SPC工程不良の基板が本測定に仕掛かった場合、波長 $700\text{ nm}\sim 800\text{ nm}$ 辺りの波長領域で分析を行うと、SPC工程不良の基板は、良品の基板とスペクトルが異なるため、最適なレーザーパワー判別不可として自動認識することが可能であり、SPC工程不良を速やかに検出できると同時に、SPC工程不良が判別されるまで後工程に不良を流し続けるといった製造ロスを低減できる。

【0072】

次に、最適パワー検査抽出工程 1 4 でのレーザーパワーの最適値を求める方法の 1 つである画像法の 1 例を説明する。図 1 3 は、画像法を利用したモニタリング装置である。

【 0 0 7 3 】

図 1 3 の画像法を利用したモニタリング装置 5 0 は、画像を拡大する拡大レンズ 5 1 と、拡大レンズ 5 1 が前方に備えたカメラ 5 2 と、基板表面に光を照射する LED 5 3 と、その LED 5 3 を基板面と平行に正方形に配置した照明具 5 4 と、を有している。

【 0 0 7 4 】

図 1 3 の画像法を利用したモニタリング装置の測定原理を説明する。LED 5 3 から照射された光は、照明具 5 4 により、基板 5 5 上の測定ポイントに対し、周辺から均等に照射される。照射された光は、基板表面に反射されて、基板面の略垂直上にある拡大レンズを通して、カメラ 5 2 で画像に変換される。その画像の所望の視野における輝度と輝線により最適なレーザーパワーの値を求める方法で、輝度のピーク値が最適なレーザーパワーに一致する。

【 0 0 7 5 】

カメラ 5 2 は、基板 5 5 の面の垂直方向から画像取得する方が結晶性の評価を正確に行え、本例では東京電子工業製 CS 8 3 2 0 を、拡大レンズ 5 1 はモリテックス製 M T E - 5 5 を使用した。有効視野サイズは $13 \times 9.75 \text{ mm}^2$ で、数 μm オーダーの結晶核に比べて、広い視野で測定する事により測定装置の位置合わせ誤差等に影響されずに誤差少なく測定できる。

【 0 0 7 6 】

モノクロカメラなどで評価する場合、照明の色は白色が結晶性に対する画像の明るさに対して有意性があり好ましく、測定ポイントに対し照明ポイントが固定の位置に配置される必要がある。また、基板 5 5 の面に対し斜め方向からの照射が、結晶性による表面の突起形状を反映して安定した評価を行え、照射角度は、凡そ 30° から 60° の範囲で、より好ましくは 45° 近傍が測定の精度・安定性に優れる。図 1 3 に示す LED 5 2 の配置により前記の範囲で多少照明角度がばらつくが、モリテックス製 K D B W - Q 3 6 0 C (白色 LED は日亜化学工業製) を用い良好な結晶評価が行えた。ただし、照明材料・構造はこれに限るものではなく、蛍光灯ランプに照明位置・方向を安定させるスリットを設ける構造でも良好に評価できた。

【 0 0 7 7 】

図 1 4 は、図 2 の新プロセスフローで S P C 工程まで製造されたモニタ基板にレーザーパワー $370 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ から $440 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ でレーザー処理したときの多結晶シリコン膜の画像法による平均輝度と輝線数の測定結果である。最適なレーザーパワーの値は、極大値を示すレーザーパワー値 $370 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \sim 380 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 間である。よって、画像法による輝度の測定結果からも最適なレーザーパワーを判別決定することができる。

【 0 0 7 8 】

また、レーザー処理のレーザーパワーの最適値を超えて少しでもレーザーパワーが大きくなるとアモルファスシリコン膜の再結晶が進んで微結晶化してしまい、急激に多結晶シリコンの性能品質低下が生じる、また、最適なレーザーパワーは基板内で面内分布 ($5 \sim 10 \text{ mJ}$ の差)があるので、面内分布の影響を考慮して、例えば、 5 mJ あるいは 10 mJ 程度、レーザーパワーを最適値から低く設定してレーザー処理工程を行う事により、より長時間安定した膜を製造することが可能となる。例えば、図 1 4 において最適なレーザーパワー B が検出されたとき、レーザー処理工程のレーザーパワーとしては、処理用レーザーパワー C を設定する次に、図 1 4 の画像法で測定された輝線について述べる。図 1 6 は、基板面より小さいレーザー照射幅でレーザー処理されるために生じるスジ模様の模式図である。このスジ模様は、図 1 4 で示した輝線数として測定され、輝線数は、レーザーパワーが、最適値より大きい場合にのみ顕著に増加する。よって、輝線の測定結果も最適なレーザーパワーの判別に利用できる。ただし、照射輝度、自動カウントする自動画像処理ソフト、レーザーショット、および基盤処理プロセス等によりスジの本数は変化し、絶対数に関しては、あまり意義は無く、有無が有意義である。意義をもたせるには、リファレンスシステムを作ることが必要

である。

【0079】

また、最適レーザパワーで処理されたときの輝度の値をリファレンスとして、新たに製造された製品基板の輝度を測定し比較することにより、最適なレーザパワーに対して過小であるか超過であるかの判別することもできる。

【0080】

画像法を利用した本モニタリング装置も、装置本体から測定ポイントまで光ファイバーを用いて、コンパクトに配置して計測でき、例えばレーザ処理装置の受入・払出部と受入れ洗浄装置との間に組込む事ができる。

【0081】

また、上記のラマン分光と異なる分光法や画像法による測定では、1条件1測定で十分なデータが得られるため、1条件につき複数回の測定が必要であったラマン分光法により、測定計測時間が短縮される利点がある。

【0082】

また、図13の画像法を利用したモニタリング装置は、図6に示した分光法によるモニタリング装置と、レーザパワー超過検査法（上記で説明した最適なレーザパワーを判別決定する方法）、ハード（光源など）およびソフト（データ処理や表示）とを共有してコンパクト化が可能で、インライン検査も容易となる。最適パワー検査抽出工程でモニタ基板と製品用基板両方を、画像法と分光法が共有したモニタリング装置で実施してもよい。

【0083】

上記の図13の画像法を利用したモニタリング装置を、最適パワー検査抽出工程で、異物やSPC工程不良を検出するための画像モニタとして使用してもよく、製品基板に対して、異物やSPC工程不良があると、即座に検出することができ、製造ロスを低減できる。その画像モニタは、図13のカメラ52を併用する事によりコンパクトに低コストで配置する事ができるが、別でも良い。

【0084】

図15に異物やSPC工程不良を検出するための画像モニタシステムの1例を示す。画像モニタシステム56は、5倍の対物レンズを備えたオリンパス顕微鏡58と、顕微鏡の像を画像に変換する東京電子工業製CS8420のカメラ57と、基板表面に光を照射するリング状の蛍光管60と、その蛍光管を基板面と平行に配置した照明具59と、を有している。

【0085】

画像モニタシステム56は、蛍光管60から照射された光は、照明具59により、基板61上の測定ポイントに対し、周辺から均等に照射される。照射された光は、基板表面に反射されて、基板面の略垂直上にある顕微鏡58を通して、カメラ57で画像に変換される。その画像を確認することで、異物やSPC工程不良を検出できる。

【0086】

図2のフローで製造されたSPC工程を経た多結晶シリコン膜の画像モニタによる測定例として、図16に良品の画像の模式図を、図17にSPC工程不良の画像の模式図を示す。良品では、レーザ処理のショットによる筋模様が見られるが、SPC不良では、SPC工程処理ムラによる網目模様が見られる。

【0087】

次に、最適なレーザパワーのレーザ処理装置へのフィードバックを高速化する方法を説明する。これは、レーザ処理装置近傍で分光法や画像法等の測定を行って可能であり、特に、モニタ基板が量産基板と共通の場合は、測定後速やかに量産用レーザ処理を行うことができ、レーザ光源の経時的な不安定性を補うことができるため、その効果が大きい。最終的に多結晶シリコン膜の性能の向上と安定化が可能となる。図18は、レーザ処理装置近傍で分光法の測定を行う場合の1例である。

【0088】

図18に示すように、レーザ処理装置71と、レーザ処理装置前の基板の洗浄を行う受

入れ洗浄装置 72 と、の間に基板搬送用ロボット 73 がある。基板搬送用ロボット 73 側のレーザ処理装置出入り口 71a 近傍の空間に、例えば、図 6 の分光方式であれば光ファイバーで本体から引き回して測定用のヘッド 34 を配置する。画像法方式の測定用ヘッドであっても良い。

【0089】

また、ロボット上で基板 74 を測定すれば、機種毎などに測定ポイントを自由に変えて所望の位置の測定を行う事が可能である。

【0090】

また、図 19 のようにレーザ処理装置 71 内に、例えば、図 6 の分光方式であれば光ファイバーで本体から引き回して測定用のヘッド 34 を配置し、基板の出し入れ処理なく測定をしてもより時間短縮ができる。ただし、レーザ処理装置 71 のレーザ光の波長に影響されない分析可能な光の波長を選択するか、光学系の中にレーザ処理装置 71 のレーザ光の波長を遮断するフィルターを介在させるか、あるいは測定ヘッド 34 の周囲に遮光体 75 を配置する必要がある。

【0091】

さらに、より安定的に多結晶シリコン膜を製造する方法について以下に説明する。製品用基板の検査機能と、図 6 の分光法システムや図 13 の画像法システム等を用いて求められたレーザパワーの検査結果から最適なレーザパワーを自動判別決定後、レーザ処理装置に自動送出する機能の両方を備えた検査装置を、最適パワー検査抽出工程で用いるとよい。これによって、検査装置がコンパクト化になる利点に加え、これまで、人が測定スペクトルから最適なレーザパワーの結果を読み取り、レーザ処理のレーザパワーを設定していたが、レーザ装置が複数台ある場合や最適なレーザパワーの異なる機種を混載して同一ラインに流す場合、人為ミスを生じることがあったが、この人為ミスを解消できる。また、レーザ処理への最適なレーザパワーの設定が自動化により効率良く、反映される。

【0092】

例えば、図 20 のフロー図に示すように、レーザ処理工程 78 で異なるレーザパワーで、異なる場所にレーザ処理されたモニタ基板を用いて、最適パワー検査抽出工程 79 で、分光法を用いて測定された結果からレーザパワーの最適値を自動判別決定し、その決定されたレーザパワーの最適値が、レーザ処理工程 78 のレーザ処理装置に自動送出される。レーザ処理工程 78 で、レーザ処理装置は、受信したレーザパワーの最適値を用いて製品用基板にレーザ処理を行い、多結晶シリコン膜が製造される。次に、レーザ処理工程 78 後の製品用基板は、最適パワー検査抽出工程 79 で、異物や多結晶シリコン膜の検査を受ける。その検査結果は、製造にフィードバックされる。

【0093】

図 6 の分光法システムや図 13 の画像法システムは、ラマン分光法に比べ継続的に安定して測定できるが、測定値較正用のリファレンスサンプル等をシステムに配置し、測定値較正を行う事が好ましい。その際、基板測定ステージ上にリファレンス等を置くと、余分なりファレンス等の出し入れ機構が不要で、測定サイクルも短縮できる。

【0094】

また、製品のプロセス変更等によっては測定定量値である特性値が大きく変動し測定ゲインが得られない場合などもあるのでプロセスや機種毎に規準となるリファレンスを複数設けて測定精度を向上しても良い。あるいは基本リファレンスと条件毎の副リファレンスを併用置きする事により後者を測定時前の較正用基板とし、前者をランプ輝度変動などの経時確認の補助とし、ランプなどが切れた場合にはリファレンスとして一旦基本較正に用いても良い。

【0095】

例えば、図 21 に示すように、シリコン基板断片（コンパクト化のため断片化）等の酸化困難な材料からなる製造プロセスに関わらず絶対量を確認する絶対確認リファレンス基板 82、または製造プロセス毎の製造基板断片（コンパクト化のため断片化）の測定値較正用リファレンス基板 83、1 個または複数プロセス分の少なくとも一方を、基板搬送用

ロボット 81 に基板 83 を載置するステージ 81a 上に置き、適宜、測定ヘッド 85 の下に移動して較正を行う。

【0096】

このような構成により検査や基板搬送の合間に効率良く較正（照明照度較正など）作業を行え、リファレンス材搬送の機構類が不要となる。より好ましくは、絶対量用と規準プロセス毎用の較正基板の両者を置く事が好ましく、絶対量用は、環境の影響による酸化等の測定変動の少ない材料を選定し載置する。ただし、測定値が量産品の測定値とかけ離れると測定のゲイン（例えば量産品あるいは処理条件プロセスにより輝度が低下し結晶化の判別が困難となる場合がある。）が得られず測定精度が低下するので量産品の材料や処理プロセスによってはプロセス毎の基準品を合わせて載置する事がより好ましい。

【0097】

また、量産基板では、基板毎の膜厚や膜質分布による最適レーザパワーの面内分布があり、例えば、複数台のレーザ装置毎でも、レンズ等光学部品のバラツキや微妙な調整の差による最適レーザパワーの分布が発生するが、図 6 の分光法システムや図 13 の画像法システムで、量産基板に対して多点を測定する事により、製造条件毎やレーザ装置毎のトレンド等を把握して、品質改善やメンテ時間の最適化、例えばレーザ装置内のレンズへの異物付着や欠けによる突発事故（局部的不良）の見落しの低減や早期発見が容易となり、品質安定化を図る事ができる。

【0098】

最適なレーザパワーの多点測定の 1 例として、図 22 に示すように、基板 91 上の最終的に製品として機能する機能素子部 92 に複数ポイントの測定点 93 を設定して、図 6 の分光法システムや図 13 の画像法システムで測定を行うとよい。ここで基本的に測定点は等ピッチで設けることが好ましいが、ステージが同一材同一色であっても基板下に僅かな数 mm 以下深さの基板吸着固定等の溝、あるいは支持ピンなどがあると測定値が変化するので、このような溝などがある場合は、等ピッチポイントから僅かに測定ポイントをずらすことで高精度に測定でき面内分布を把握できる。

【0099】

さらに、多結晶シリコン膜の製造は、工程処理中の数ある各種因子、例えば、成膜膜厚、膜質、処理温度履歴、SPC 工程の触媒散布率等を上手く制御することで、安定した製造を行えるが、図 2 の工程フローで製造される多結晶シリコン膜の場合は、レーザ処理前のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率（面積比率）と、分光法あるいは画像法を用いた検査装置で測定されたレーザパワーの 2 点と、その検査装置で測定されたレーザパワーの面内分布を判別することで最も制御・安定化した製造が可能となる。例えば、最適パワー設定抽出工程でレーザ処理前にアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率（面積比率）検査を行い、その検査において、予め設定した一定範囲を超えた基板に対しては、次の工程に進めないという方法を用いることで、多結晶シリコン膜の特性を一定範囲に抑える事ができる。なお、製造プロセスやレーザパワーなどのバラツキ、照明光学システムや照明の経時変化および画像処理ソフトの違いにより異なる値となるが、レーザ処理前のアモルファス量が全体の 5% から 30% の状態のとき、多結晶シリコン膜の特性が良好な膜が得られる。

【0100】

また、レーザ処理前のアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の比率検査を実施時に、正確な面積比測定などを行う局部的なミクロ検査に追加して、基板全体の膜ムラ等の確認を行うマクロ検査を行うとより多結晶シリコン膜の特性を一定範囲に抑えて製造ができる。

【0101】

図 23 を用いてマクロ検査とミクロ検査方法を説明する。基板 102 の下面からアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の判別が容易になるように青色系の照明 103 を照射し、拡大レンズを備えたカメラ（ラインセンサ）101 により、基板 102 を水平方向（図 23 の矢印の方向）に直線移動させながら画像を取り込んで検査を行う。図 24 に低

倍で測定したマクロ写真を示し、図 25 に高倍で測定したミクロ写真例を示す。なお、図 24 の黒色部は、基板を固定する固定治具 104、基板を設置するステージのステージ枠 105、基板を水平安定に保持する基板支持ピン 106 (図示しないガラスステージに接着固定してある) である。

【0102】

また、レーザ処理後にアモルファスシリコン膜と多結晶シリコン膜の判別検査を、最適パワー設定抽出工程で行うことにより、例えば、SPC 工程での触媒散布 (分布) 異常やレーザの光学系異常等を速やかに判断することが可能となり、基板素子形成完了後や液晶など製品完了後の表示検査まで工程を経て特性異常等が検出される場合に比べ、早期発見対策が可能で日程や製造ロスを低減できる。なお、多結晶ポリシリコン量が全体の 95% から 100% の状態で特性が良好な膜が得られている。

【0103】

また、上記で説明したレーザ処理前後でのアモルファスとポリシリコンの判別検査データを比較することにより不良要因の特定が容易となり、量産ロスを効率的に低減できる。

【産業上の利用可能性】

【0104】

本発明は、半導体装置の製造方法において、高品質な多結晶シリコン膜を安定して製造することが可能となる非常に有用な技術である。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図 1】は、従来プロセスの工程フローを示す工程フロー図である。

【図 2】は、新プロセスの工程フローを示す工程フロー図である。

【図 3】は、製品基板上に検査用レーザ処理を行う場所を示す図である。

【図 4】は、新プロセスの工程フローを製品基板に適用した場合のフロー図である。

【図 5】は、ラマン分光法測定によるピーク高さのレーザエネルギー依存性を示す図である。

【図 6】は、ラマン分光法と異なる分光法を利用したモニタリング装置を説明するための図である。

【図 7】は、ラマン分光法と異なる分光分析装置のヘッド先端拡大図である。

【図 8】は、ラマン分光法と異なる分光分析装置ヘッド先端の光ファイバーの配置を示す図である。

【図 9】は、従来プロセスのモニタ基板をラマン分光法と異なる分光法測定による反射強度の波長依存性を示す図である。

【図 10】は、測定結果から定量値を求める方法の例を説明する図である。

【図 11】は、測定結果から定量値を求める方法の 1 例を説明する図である。

【図 12】は、新プロセスのモニタ基板をラマン分光法と異なる分光法測定による反射強度の波長依存性を示す図である。

【図 13】は、画像法を利用したモニタリング装置の 1 例を説明する図である。

【図 14】は、画像法を利用したモニタリング装置で測定した輝度と輝線のレーザパワー依存性を示す図である。

【図 15】は、異物や SPC 工程不良を検出するための画像モニタシステムの 1 例を示す図である。

【図 16】は、画像モニタシステムで観察された良品の多結晶シリコン膜画像の模式図である。

【図 17】は、画像モニタシステムで観察された SPC 工程不良の多結晶シリコン膜画像の模式図である。

【図 18】は、レーザ処理装置近傍で分光法あるいは画像法による測定を行う場合の各装置配置を説明する図である。

【図 19】は、レーザ処理装置内で分光法あるいは画像法による測定を行う場合の各装置配置を説明する図である。

【図 20】は、最適なレーザーパワーが自動決定される場合の新プロセスの工程フローを説明するための工程フロー図である。

【図 21】は、搬送ロボット上にリファレンス用基板を配置した図である。

【図 22】は、製品基板上の最終的に製品として機能する機能素子部の測定場所を示す図である。

【図 23】は、マクロ検査方法を説明する図である。

【図 24】は、レーザー処理前の基板を低倍で観察したマクロ写真を示す図である。

【図 25】は、レーザー処理前の基板を高倍で観察したミクロ写真を示す図である。

【符号の説明】

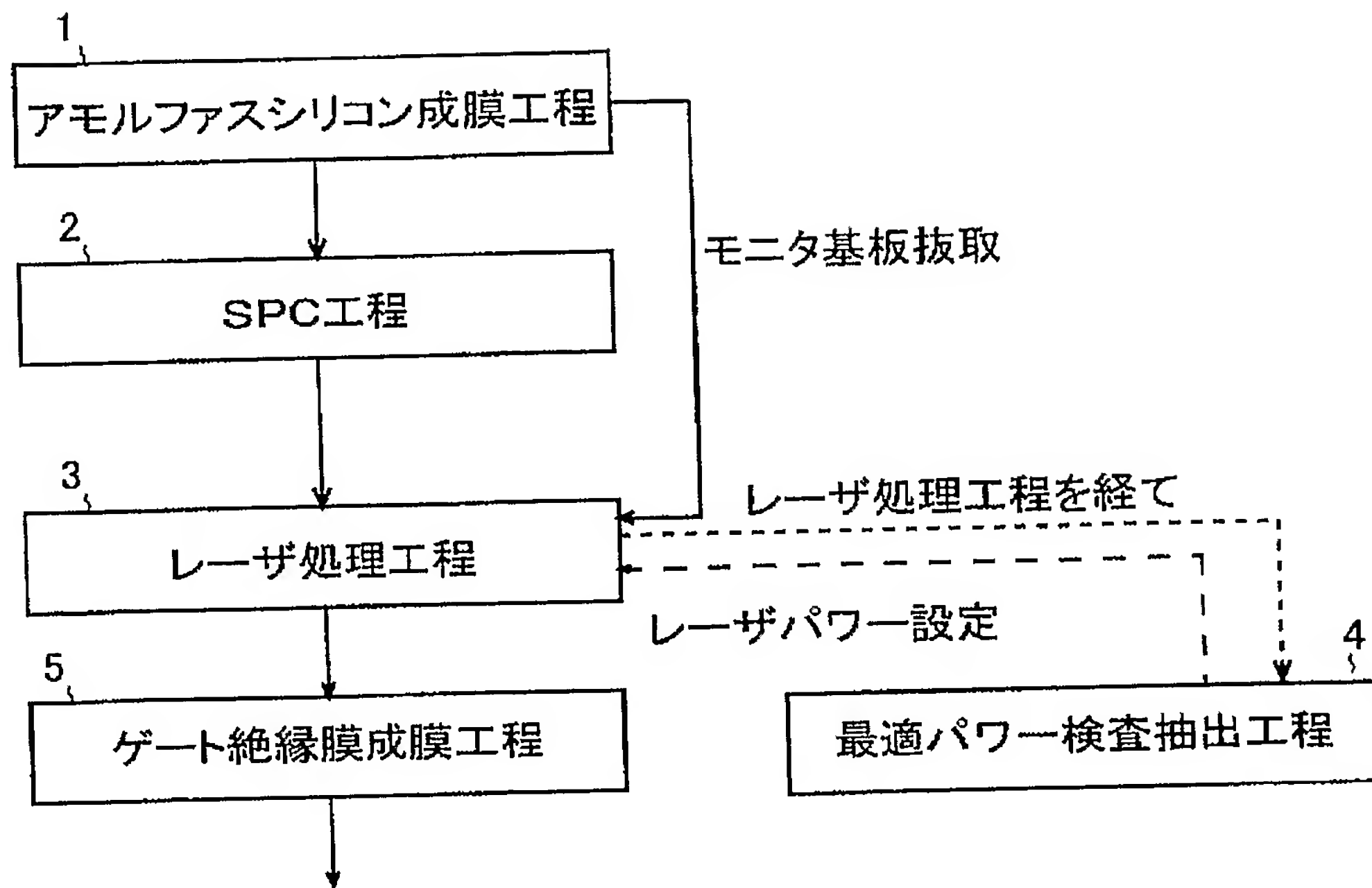
【0106】

- 1 アモルファスシリコン成膜工程
- 2 SPC工程
- 3 レーザアニール処理工程
- 4 最適パワー検査抽出工程
- 5 ゲート絶縁膜成膜工程
- 11 アモルファスシリコン成膜工程
- 12 SPC工程
- 13 レーザ処理工程
- 14 最適パワー検査抽出工程
- 15 ゲート絶縁膜成膜工程
- 20 製品基板
- 21 機能素子部
- 22 レーザパワーモニタ部
- 23 アモルファスシリコン成膜工程
- 24 SPC工程
- 25 レーザ処理工程
- 26 最適パワー検査抽出工程
- 27 ゲート絶縁膜成膜工程
- 30 分光分析装置
- 31 光源ボックス
- 32 分光器
- 33 光ファイバー
- 34 ヘッド
- 34a 受光用ヘッド
- 34b 照射用ヘッド
- 35 基板上の膜
- 36 基板
- 37 画像カメラ
- 38 260 mJ/cm^2 (スペクトル)
- 39 340 mJ/cm^2 (スペクトル)
- 40 $360\text{—}370\text{ mJ/cm}^2$ (スペクトル)
- 41 450 mJ/cm^2 (スペクトル)
- 50 画像法を利用したモニタリング装置
- 51 拡大レンズ
- 52 カメラ
- 53 LED
- 54 照明具
- 55 基板
- 56 画像モニタシステム
- 57 カメラ

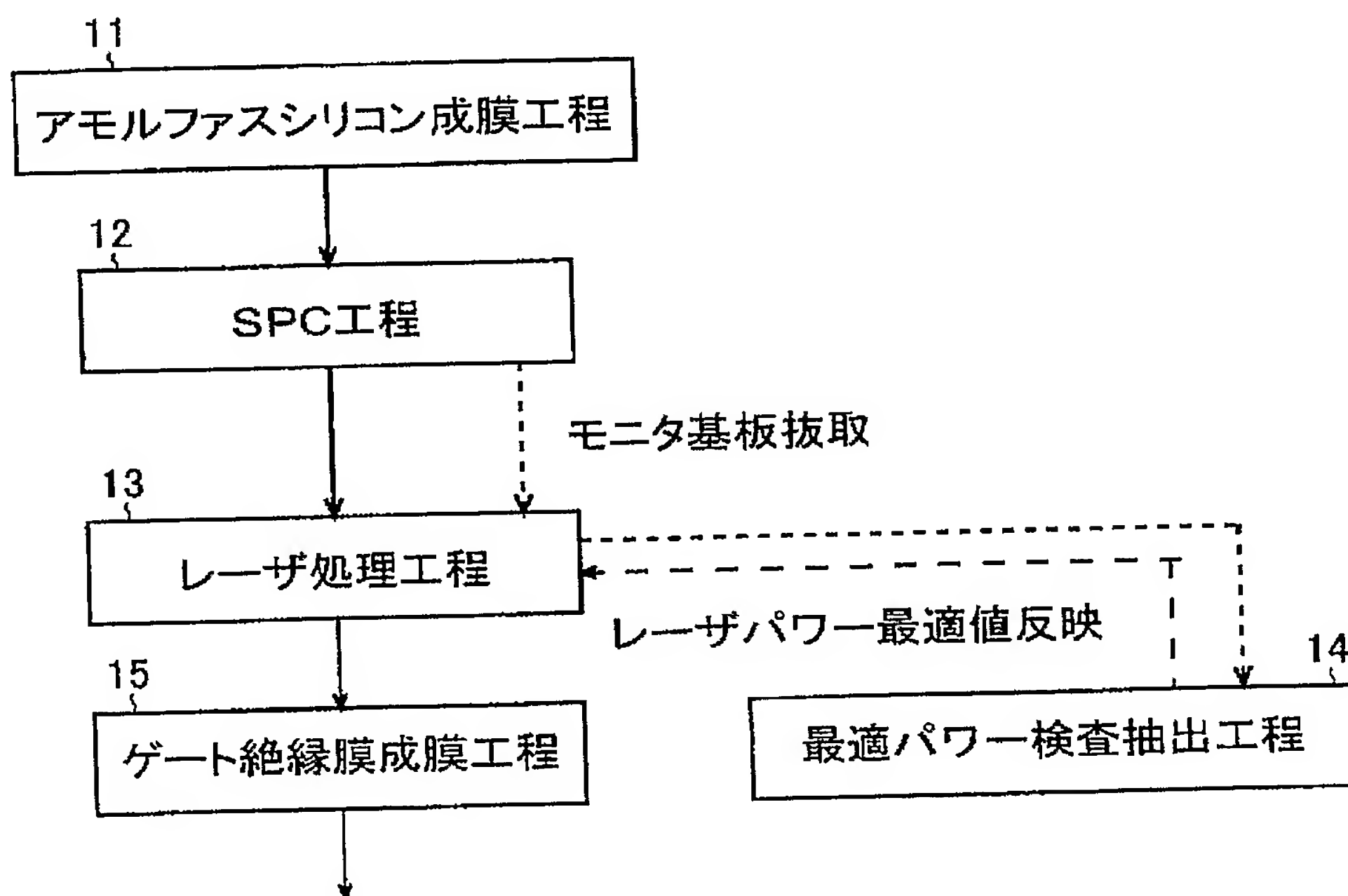
- 5 8 顕微鏡
- 5 9 照明具
- 6 0 蛍光管
- 6 1 基板
- 7 1 レーザ処理装置
- 7 1 a レーザ処理装置出入り口
- 7 2 洗浄装置
- 7 2 a 洗浄装置出入り口
- 7 3 基板搬送用ロボット
- 7 4 基板
- 7 5 遮光体
- 7 6 アモルファスシリコン成膜工程
- 7 7 S P C 工程
- 7 8 レーザ処理工程
- 7 9 最適パワー検査抽出工程
- 8 0 ゲート絶縁膜成膜工程
- 8 1 基板搬送用ロボット
- 8 1 a ステージ
- 8 2 絶対確認リファレンス基板
- 8 3 測定値較正用リファレンス基板
- 8 4 基板
- 8 5 測定ヘッド
- 9 1 基板
- 9 2 機能素子部
- 9 3 測定点
- 1 0 1 カメラ
- 1 0 2 基板
- 1 0 3 青色系の照明
- 1 0 4 固定治具
- 1 0 5 ステージ枠
- 1 0 6 基板支持ピン

【書類名】 図面

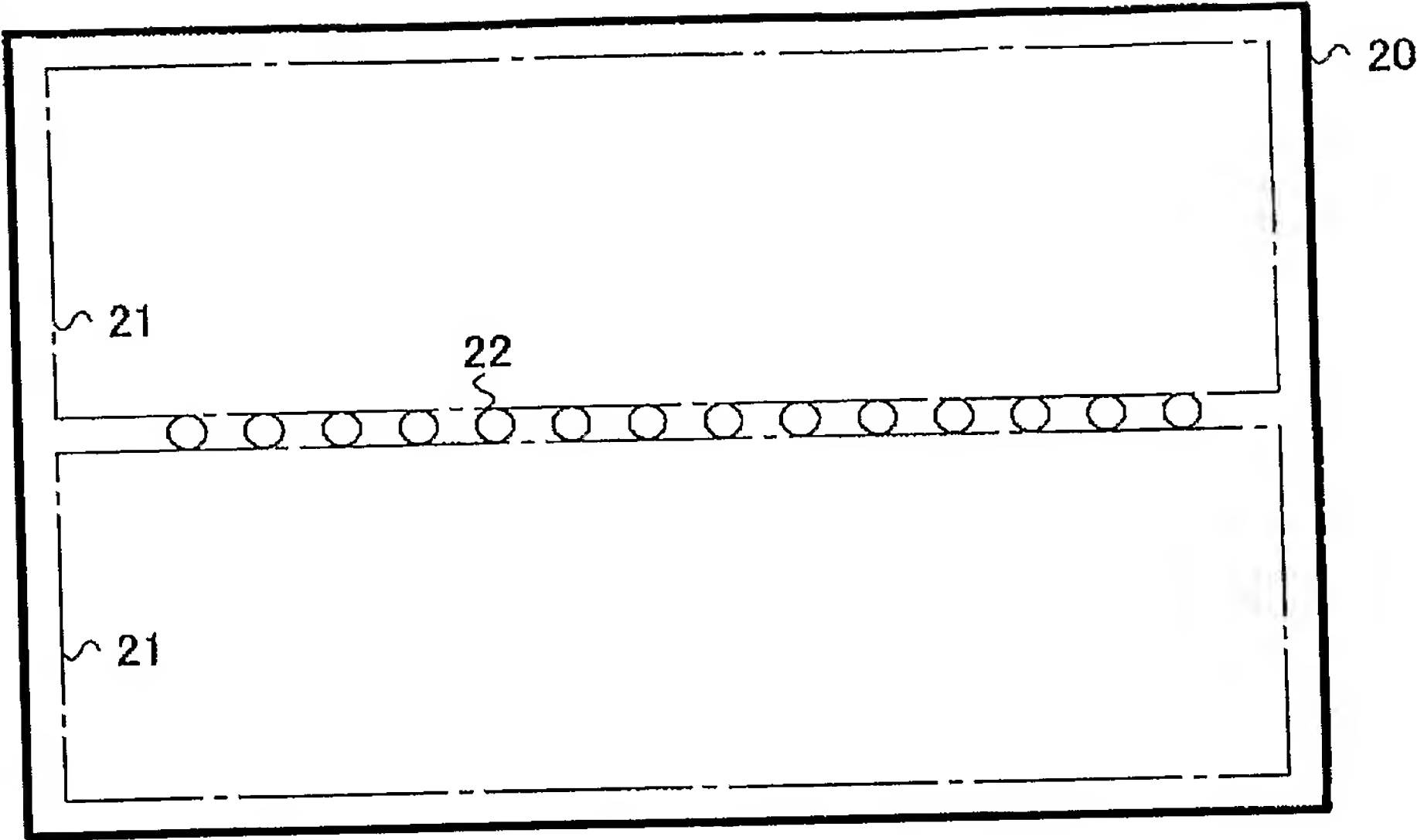
【図 1】



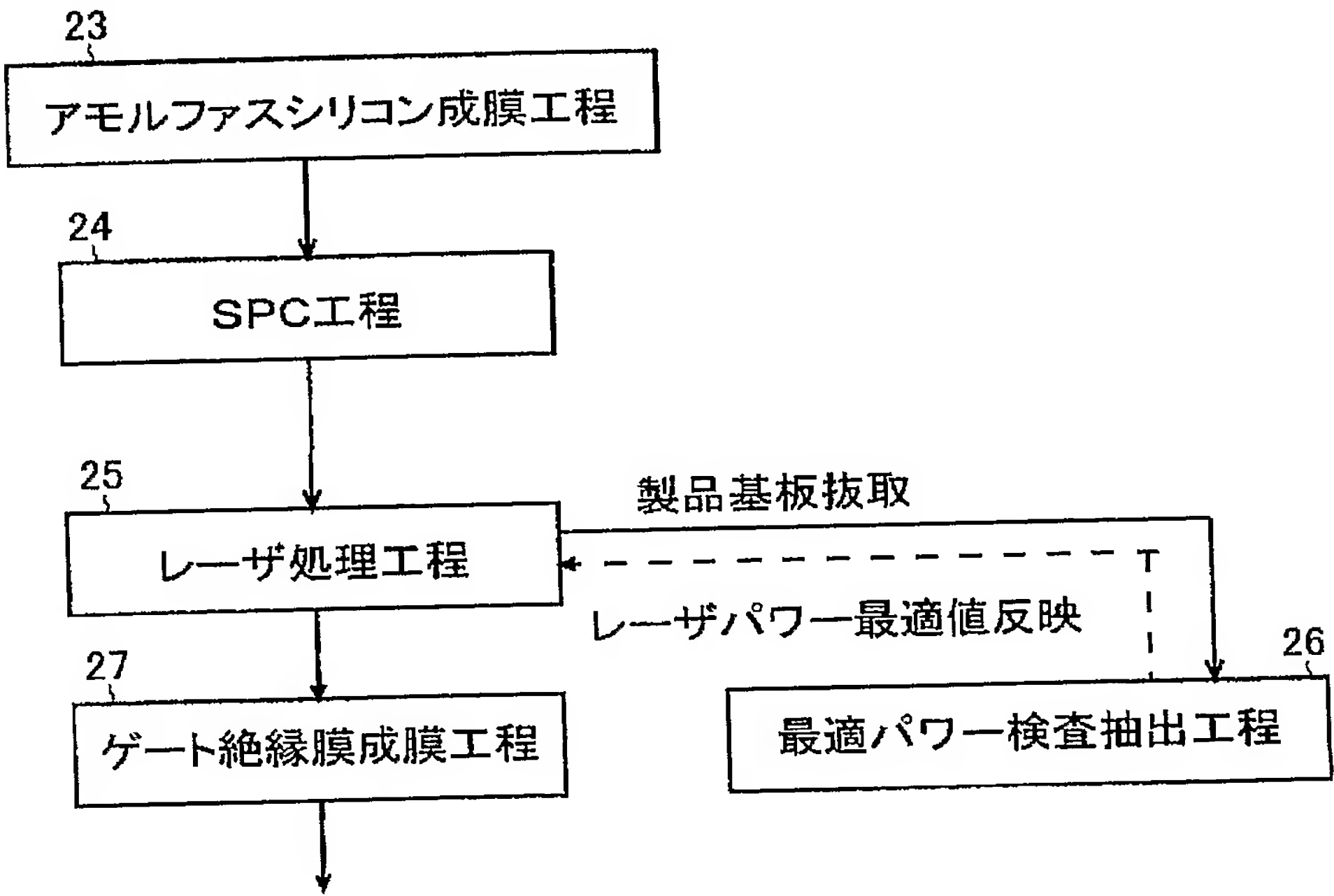
【図 2】



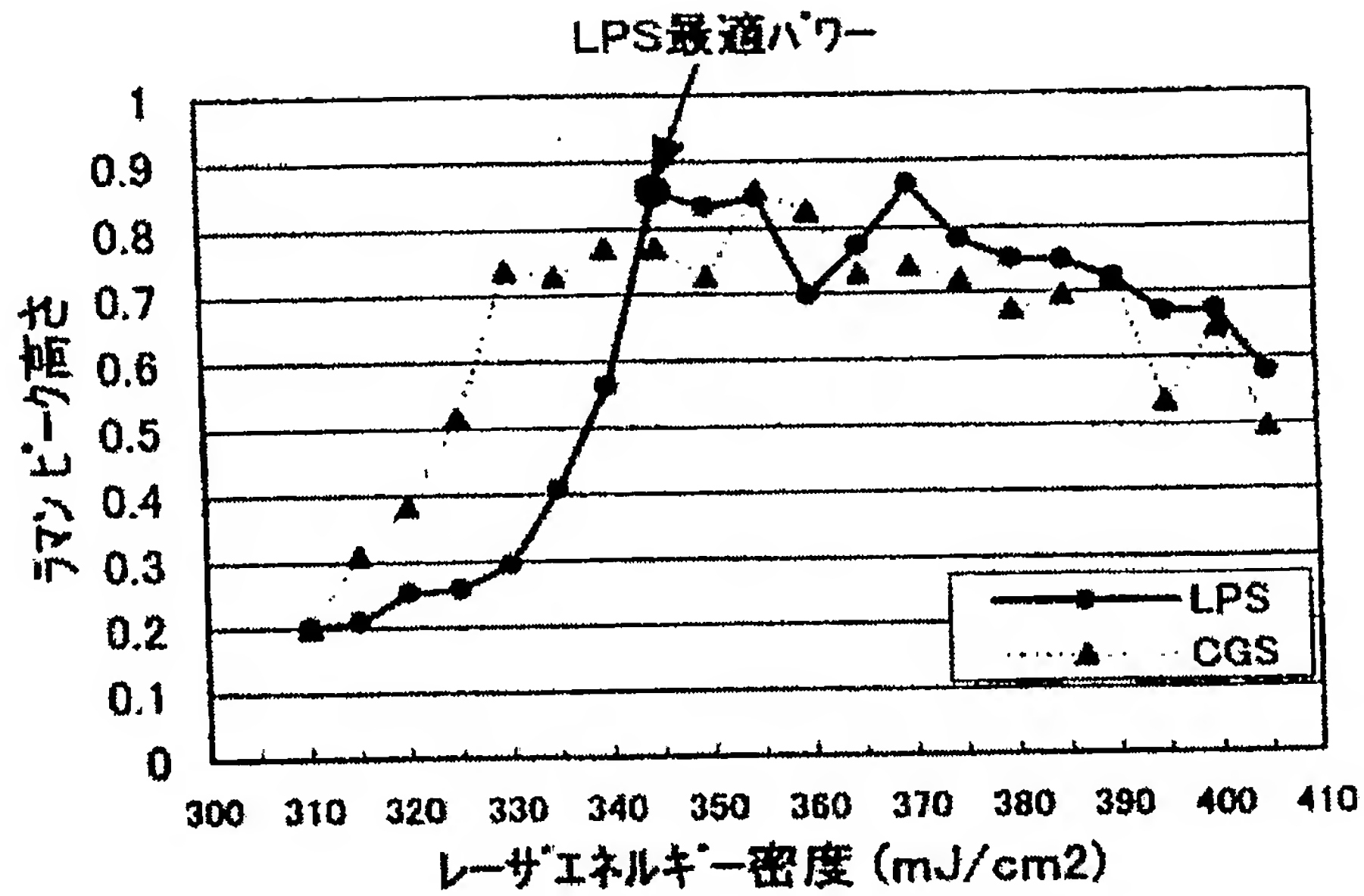
【図 3】



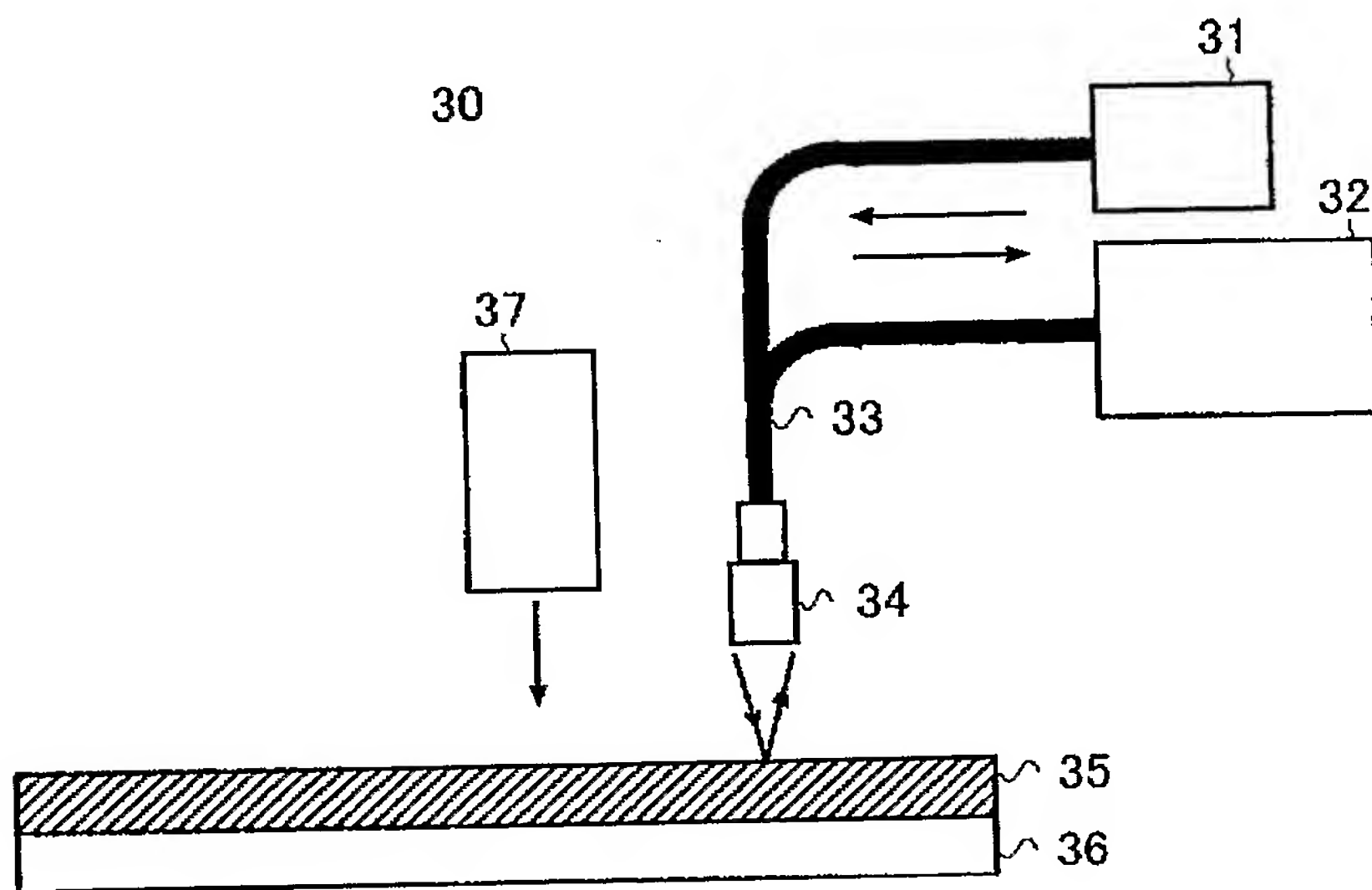
【図 4】



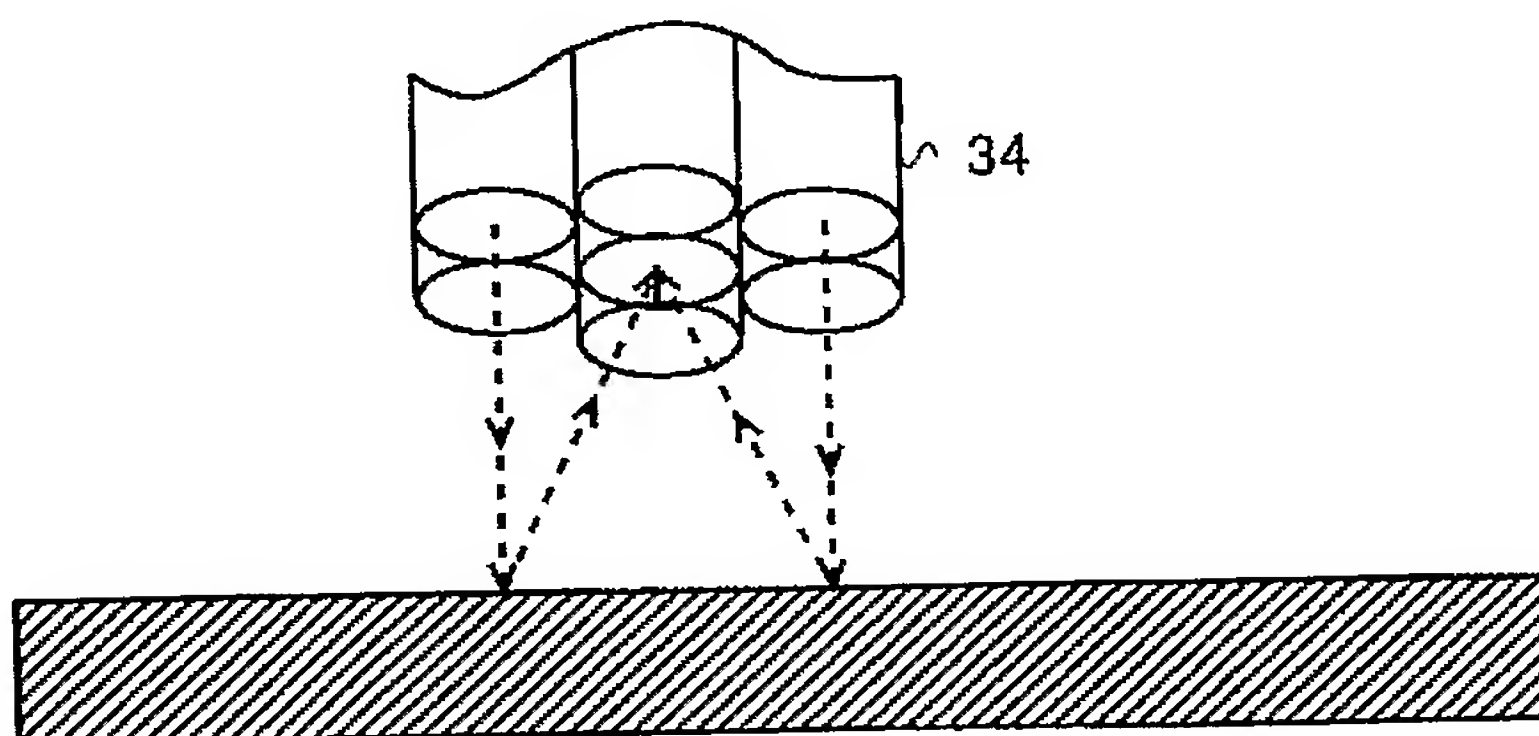
【図 5】



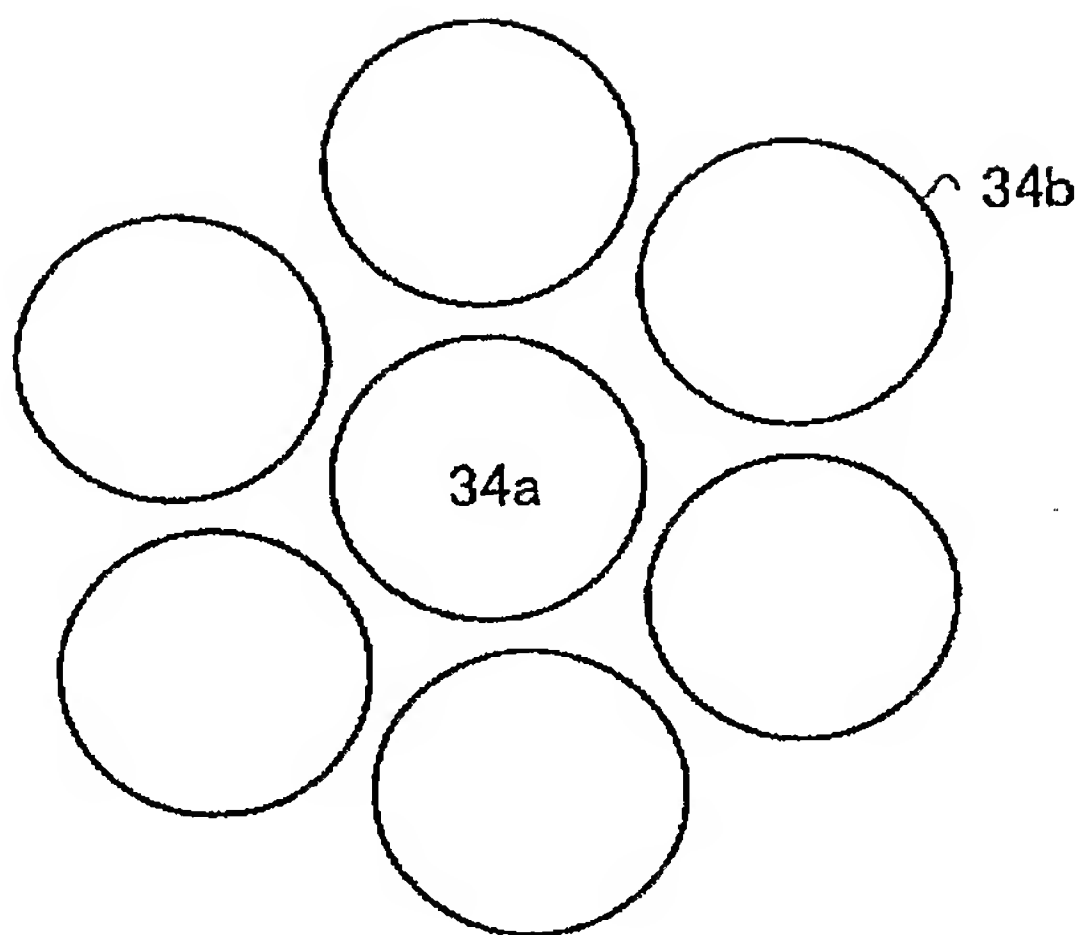
【図 6】



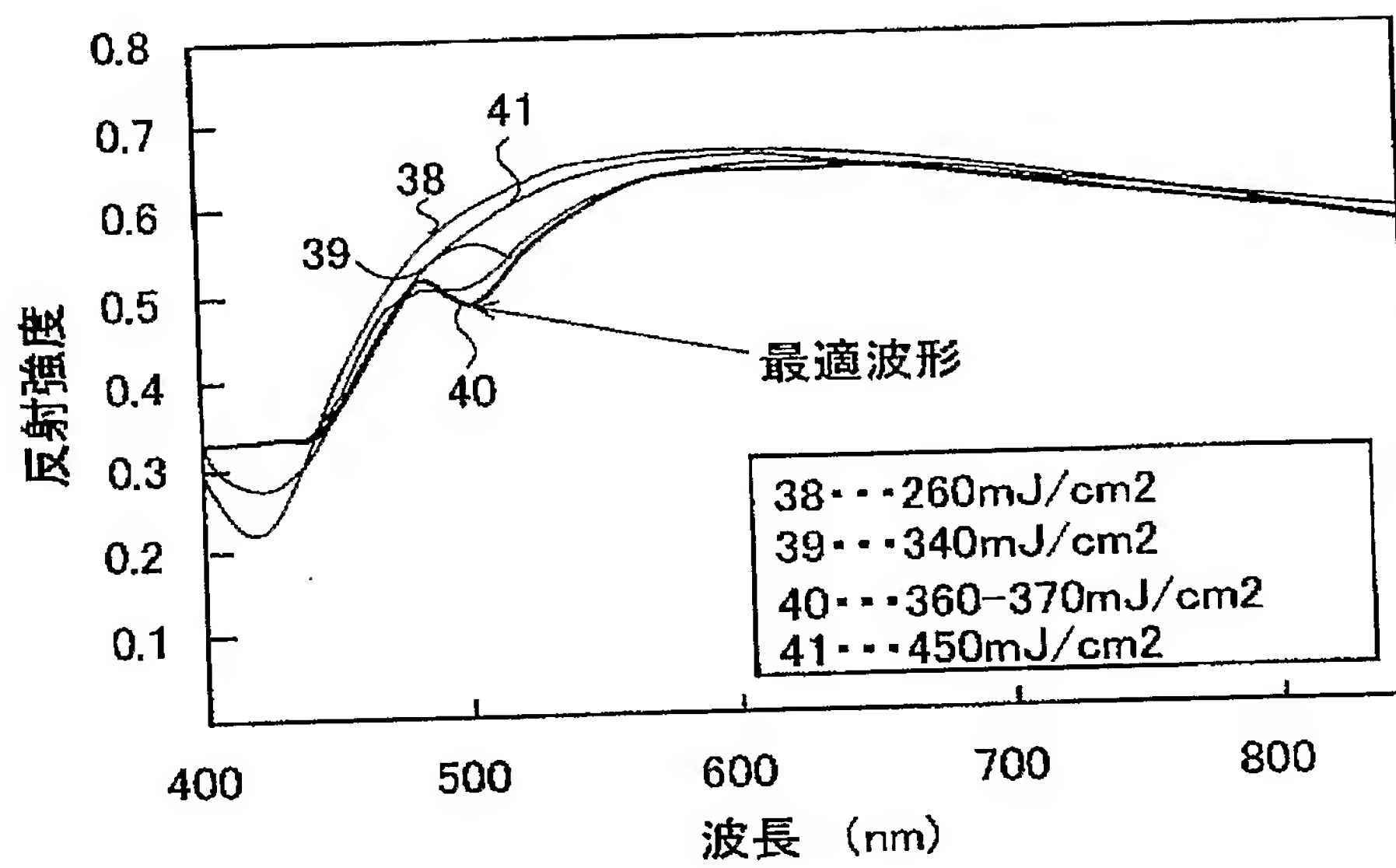
【図 7】



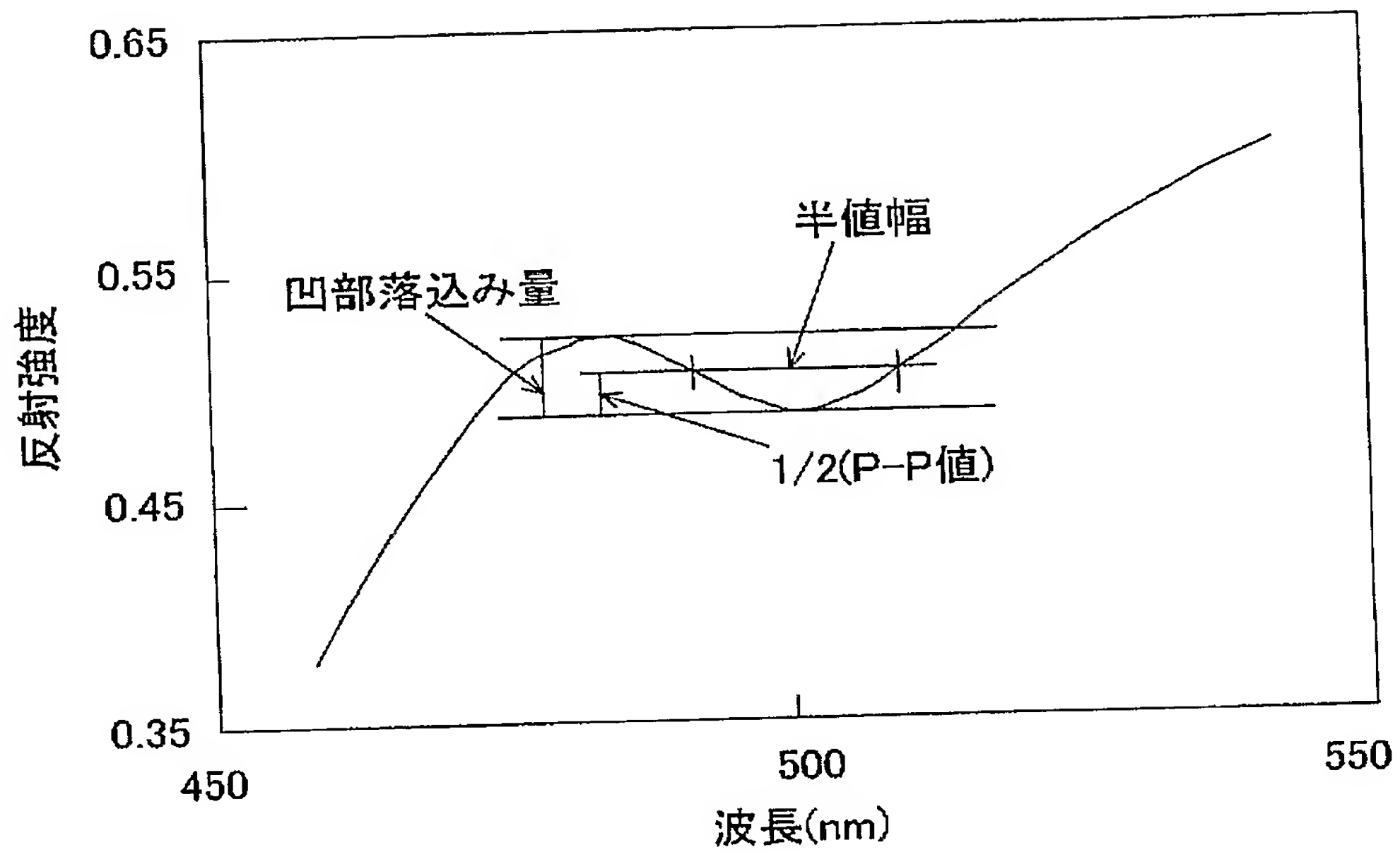
【図 8】



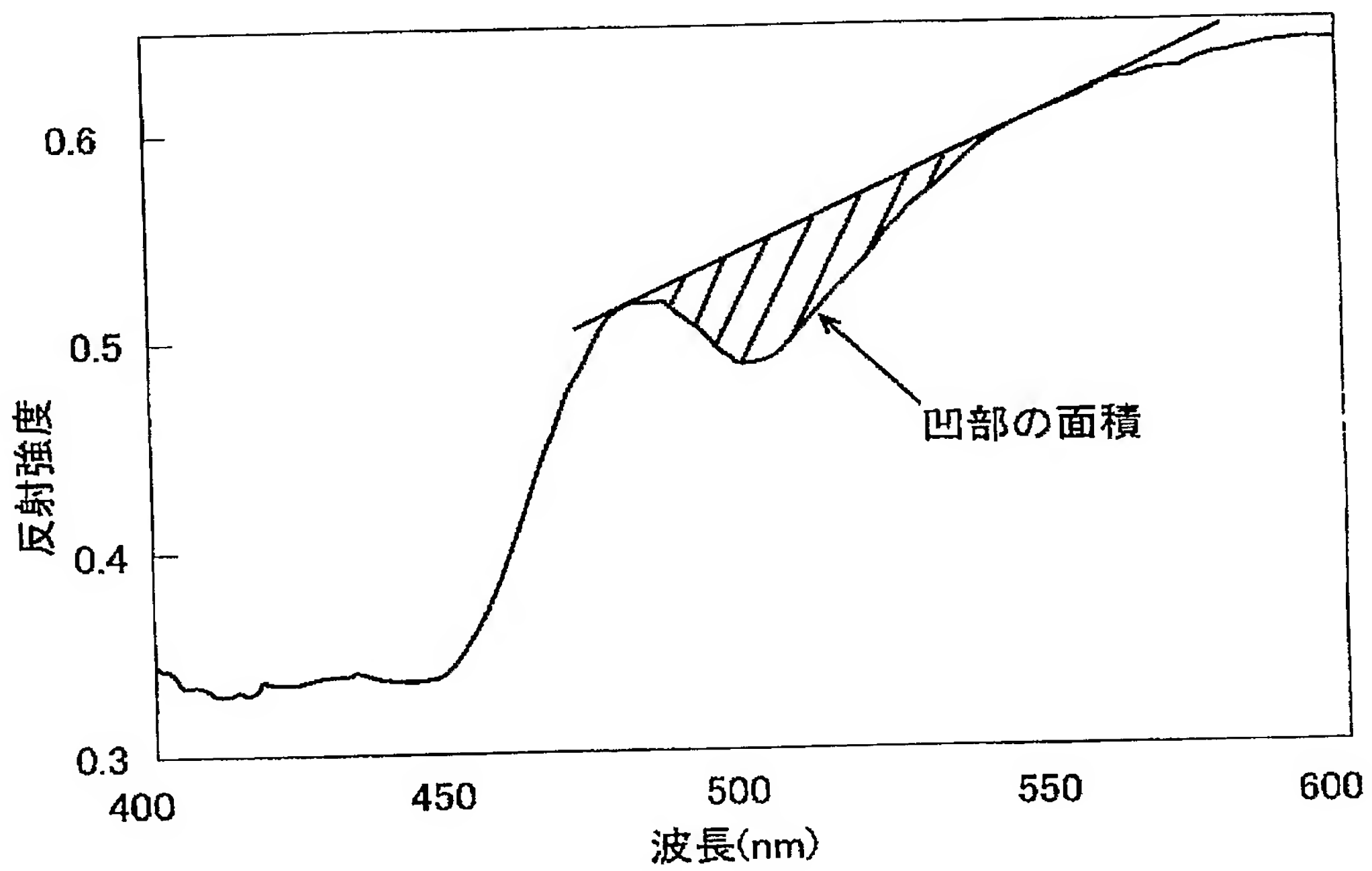
【図 9】



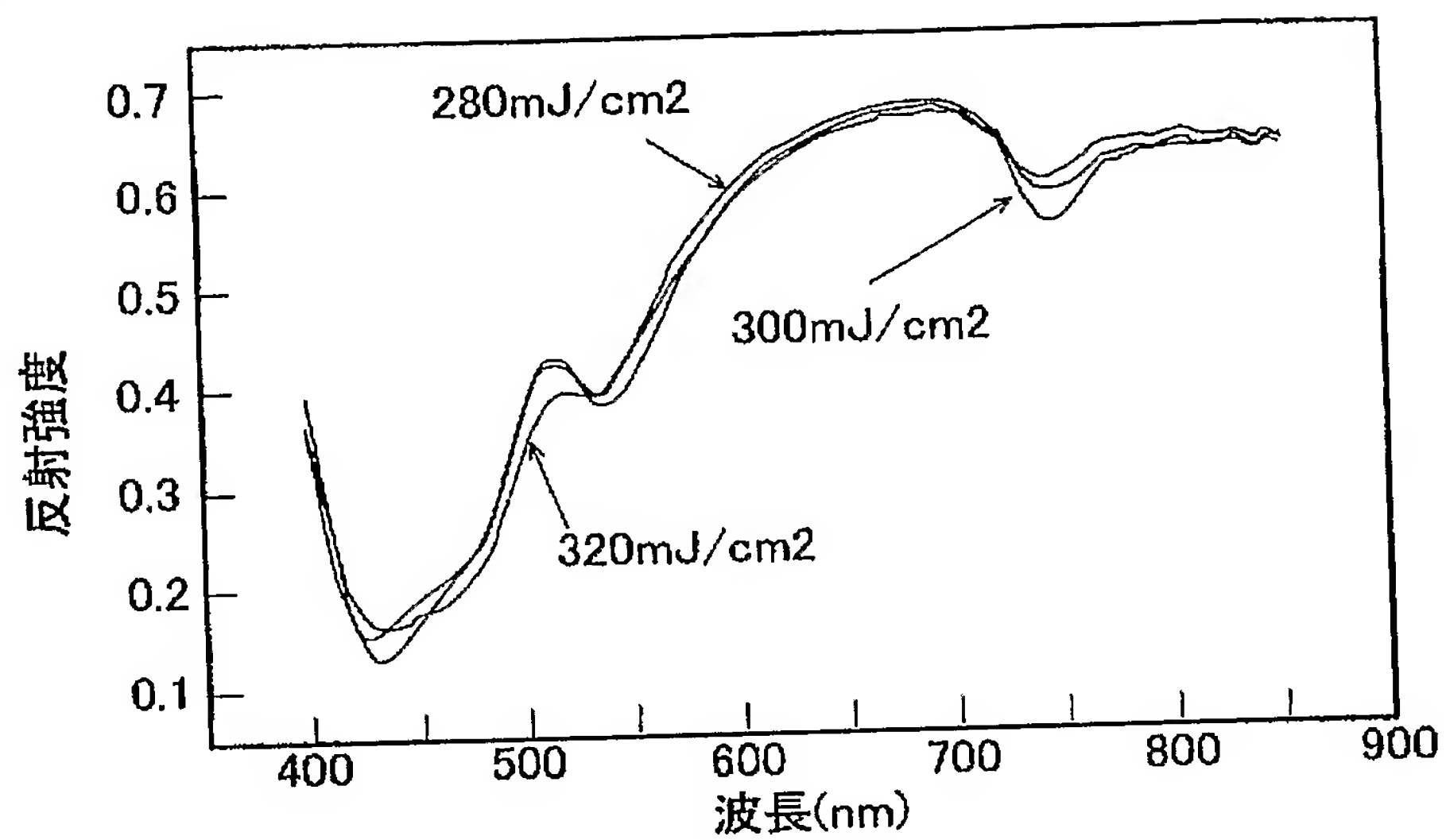
【図 10】



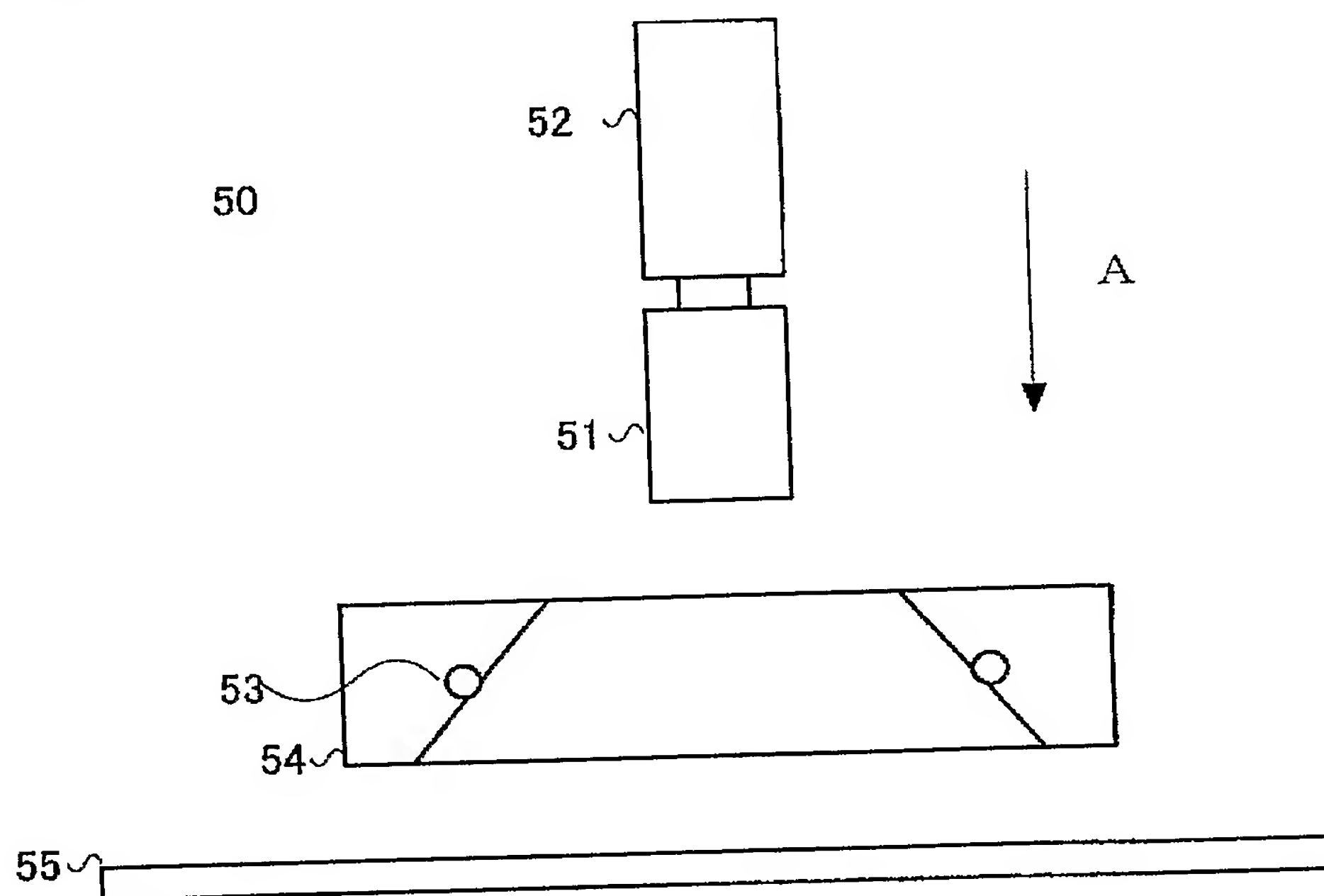
【図 11】



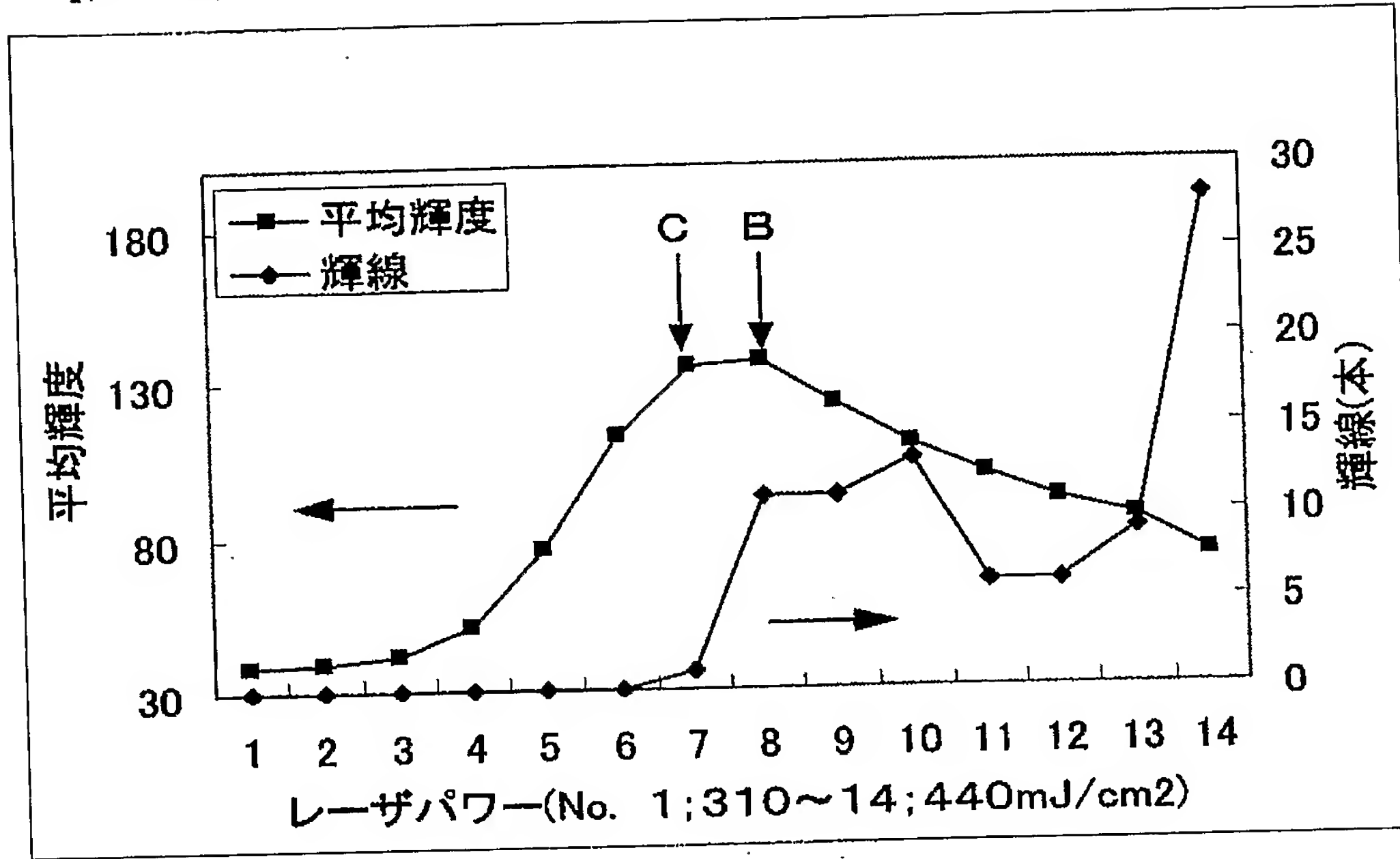
【図 12】



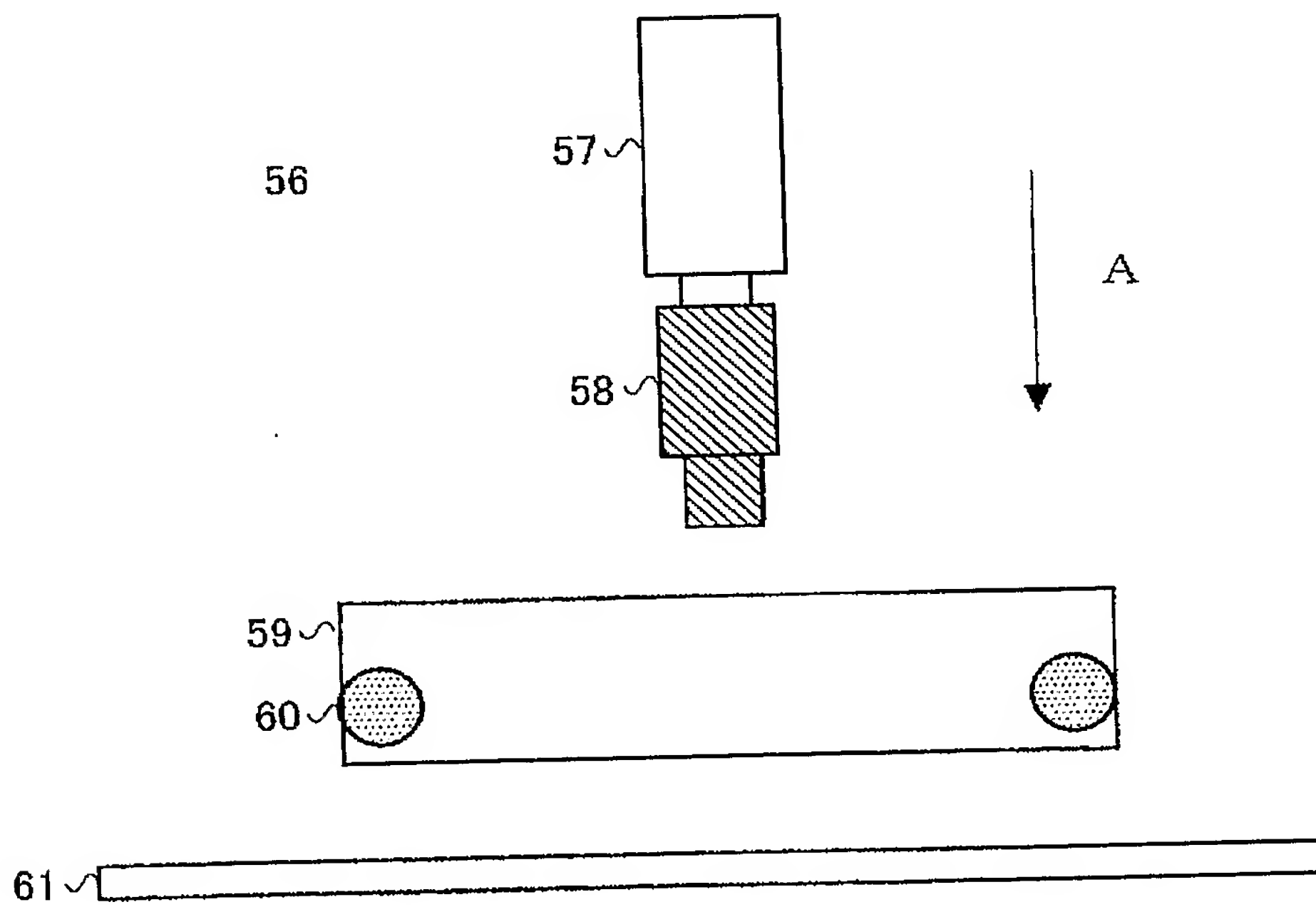
【図 13】



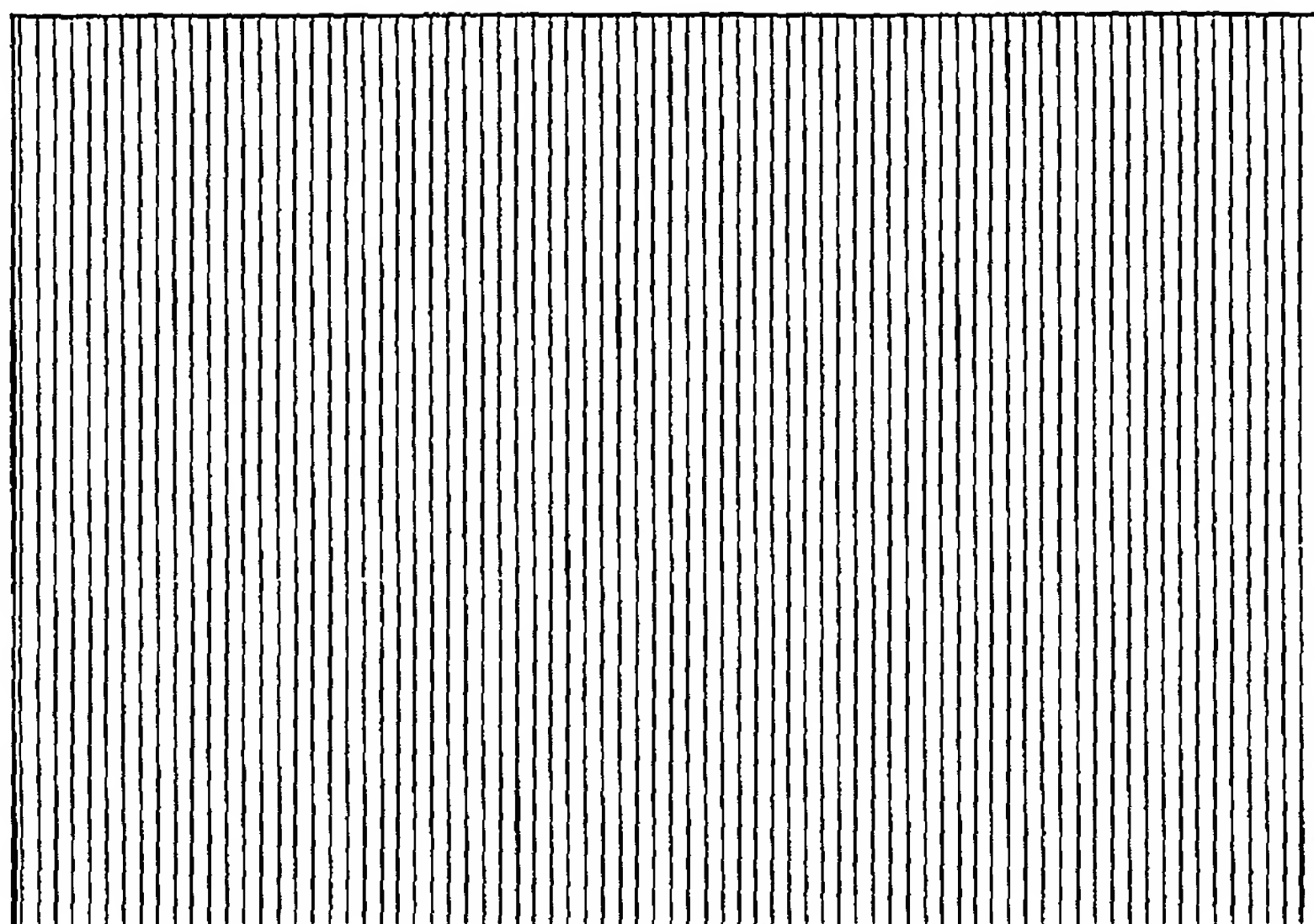
【図 14】



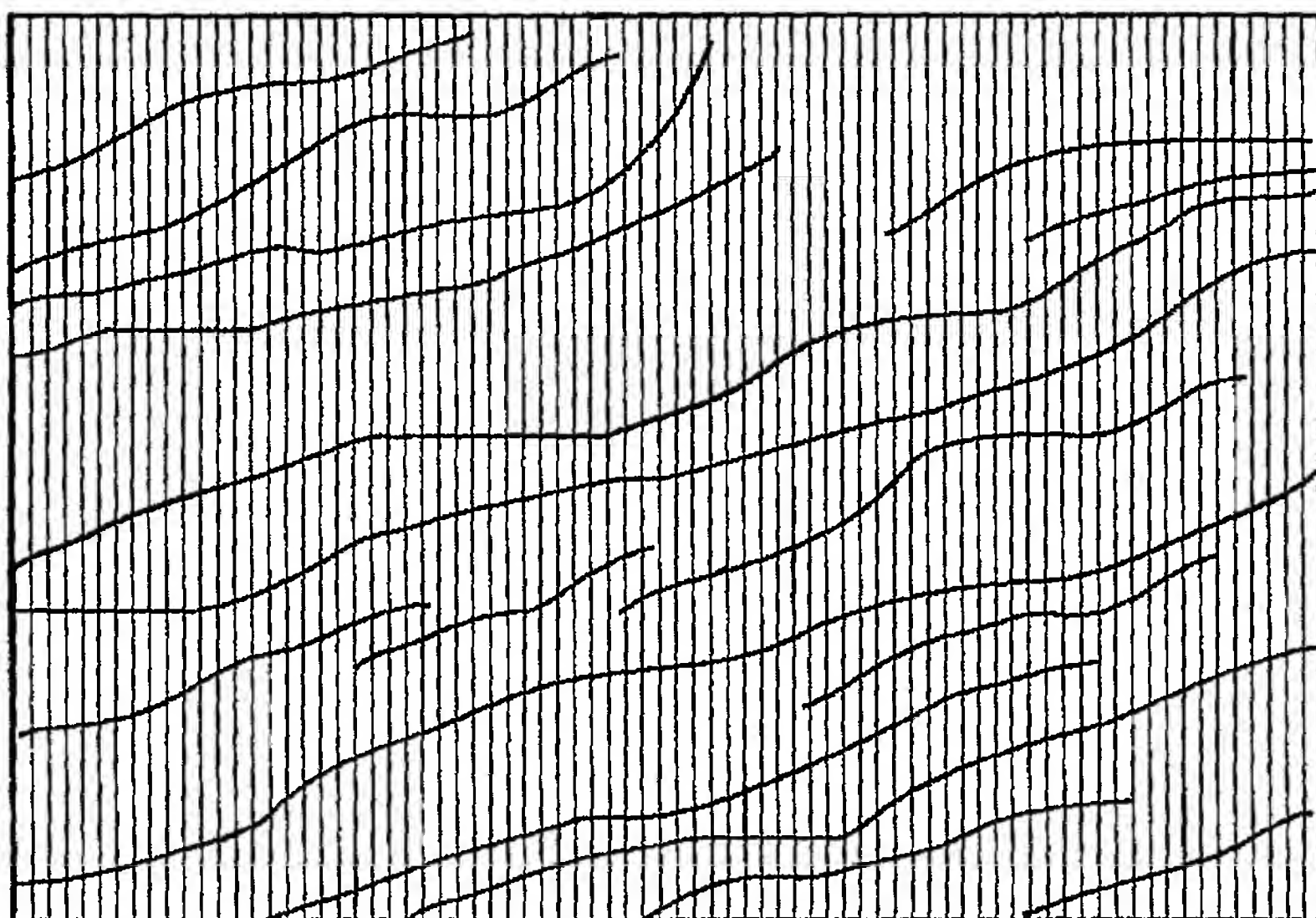
【図 15】



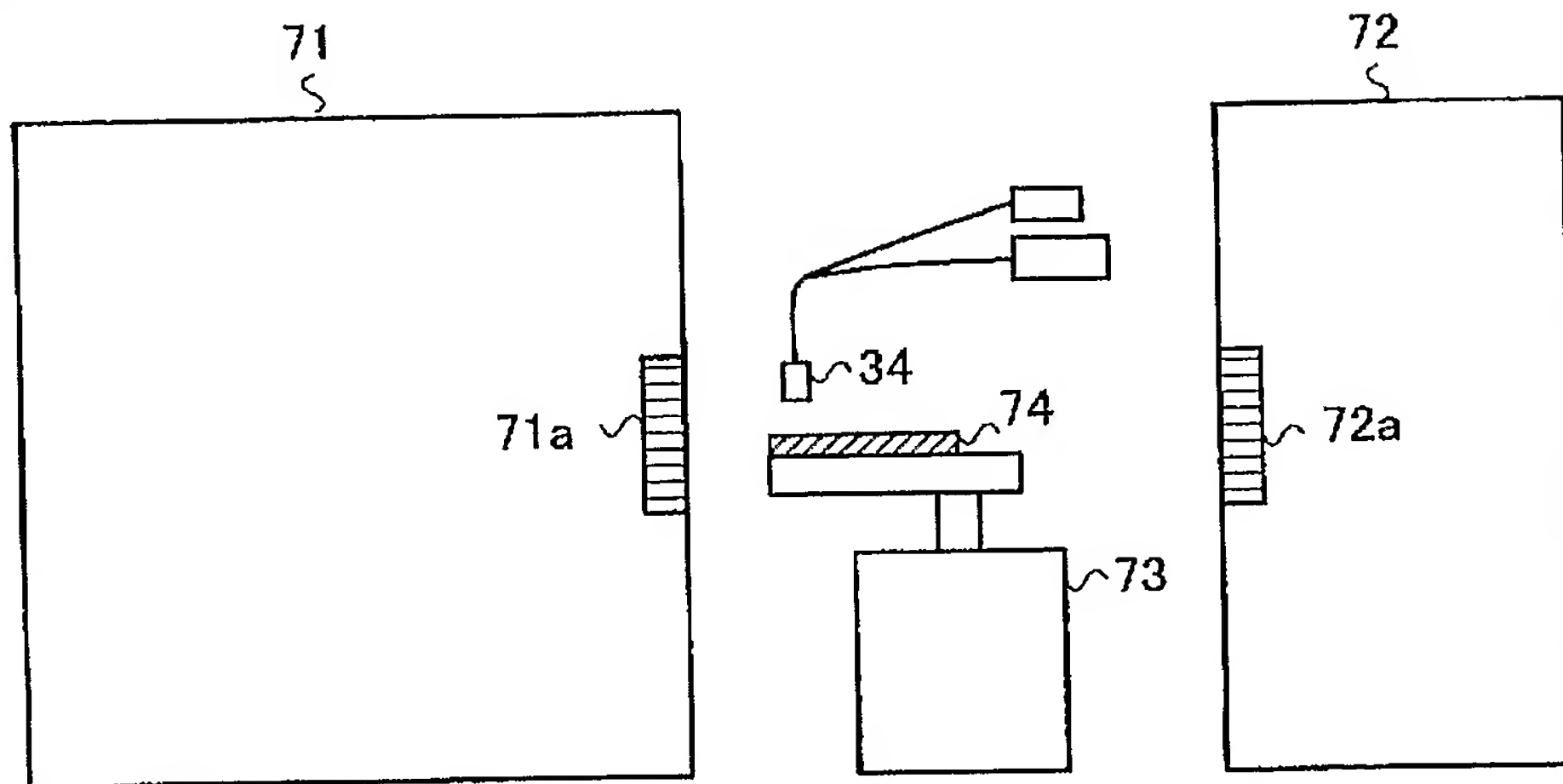
【図 16】



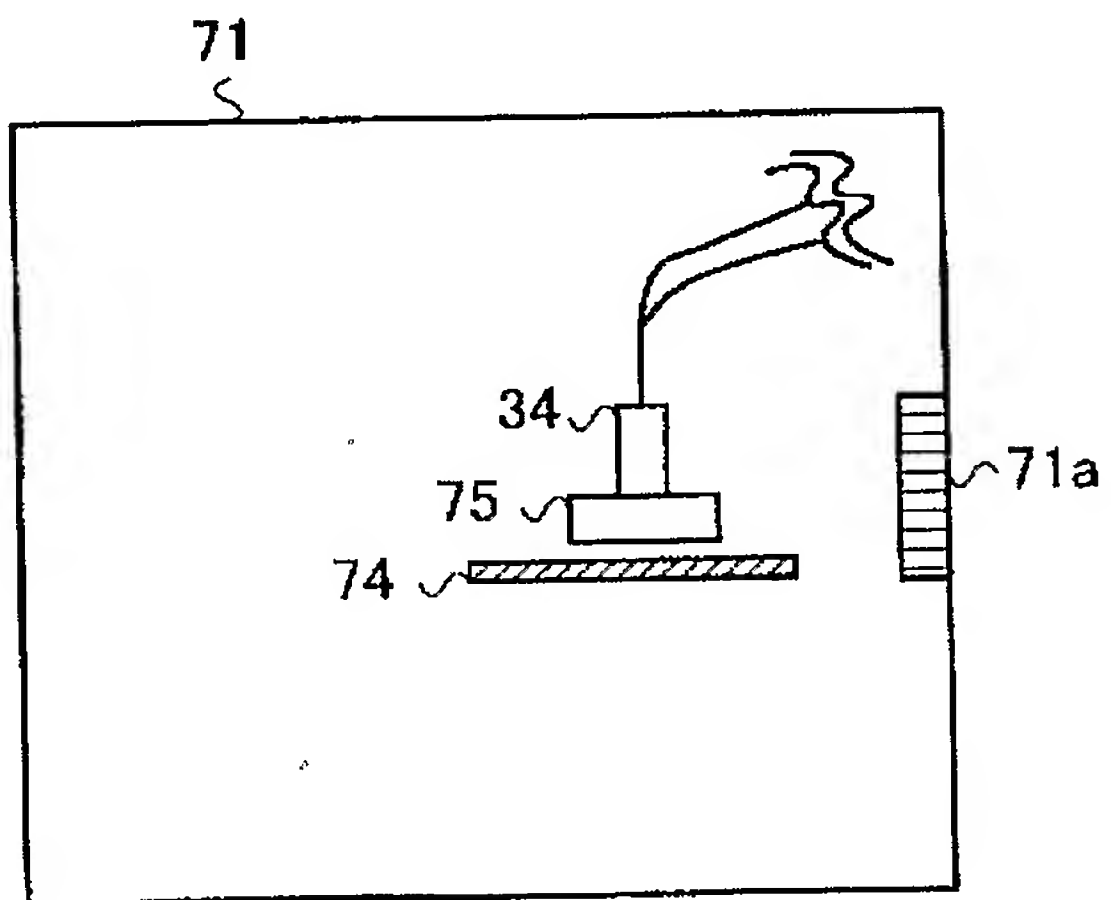
【図 17】



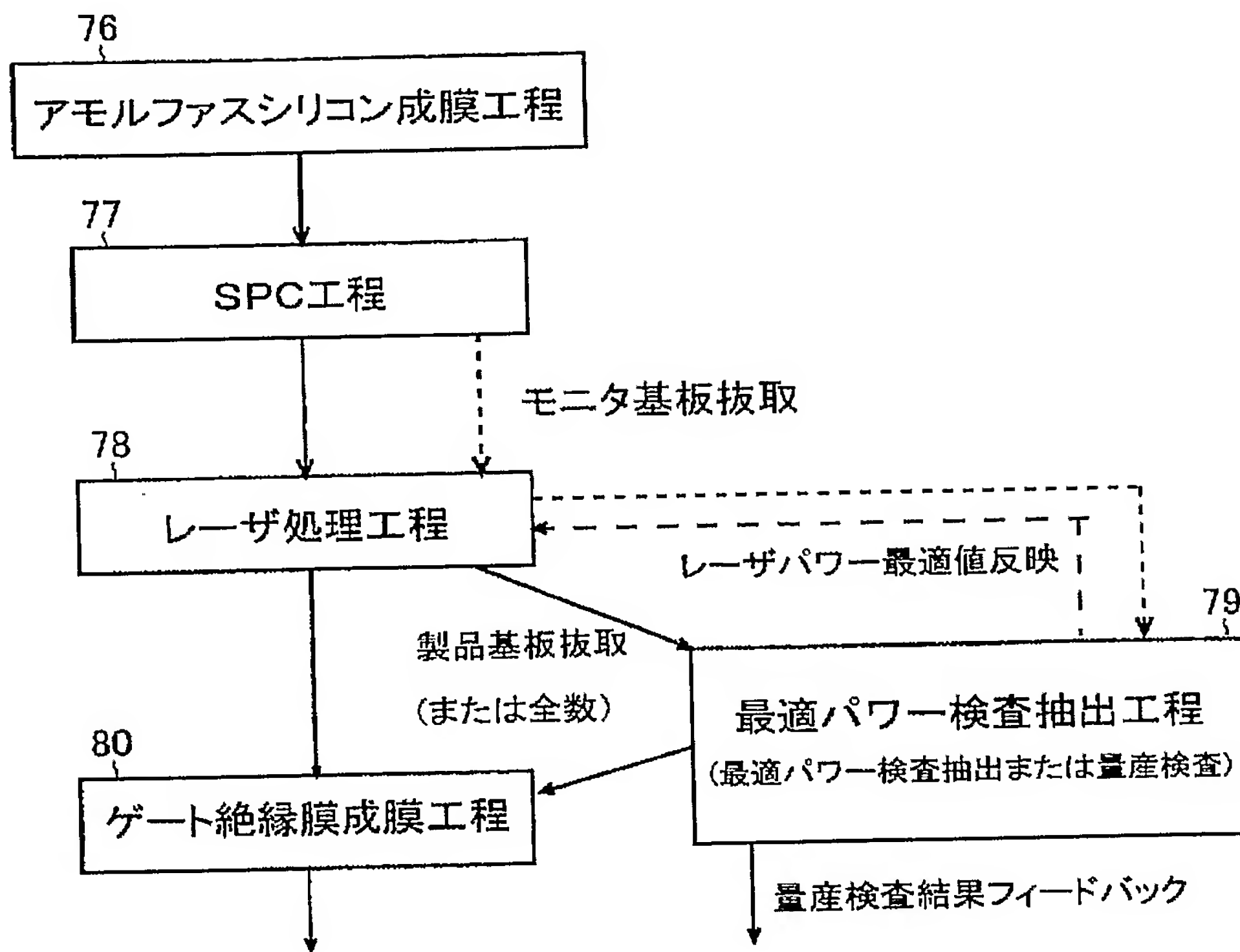
【図 18】



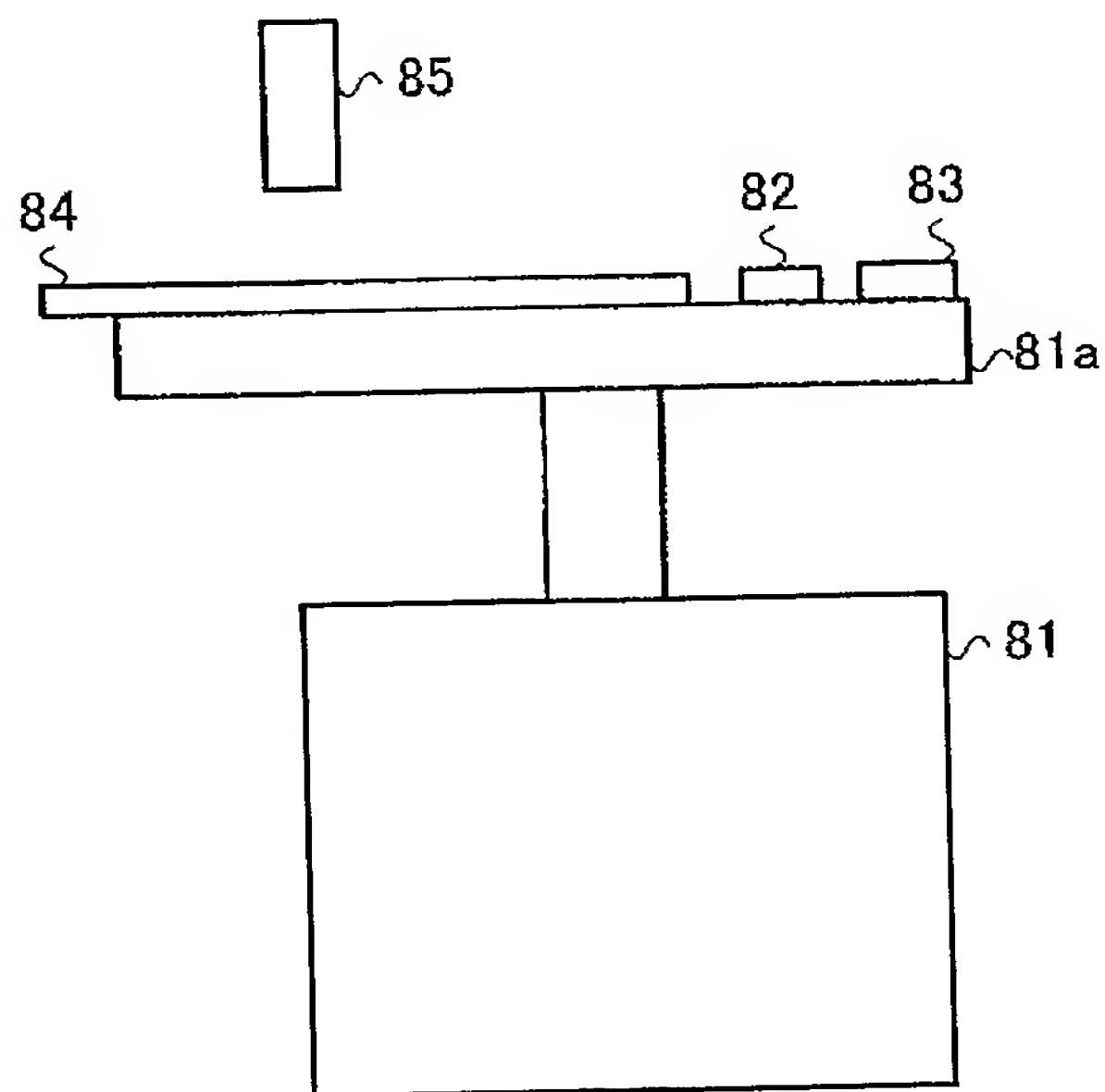
【図 19】



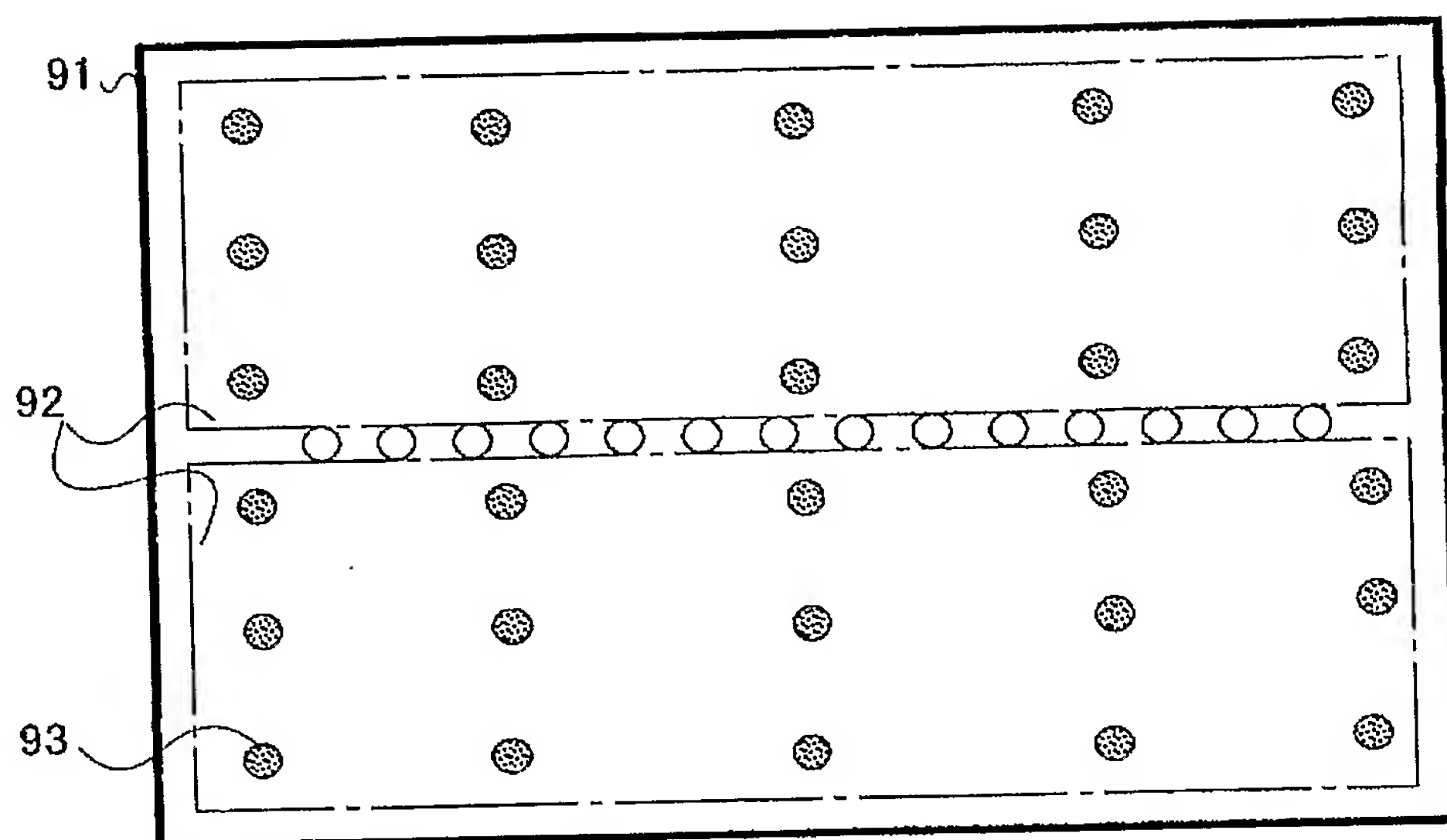
【図 20】



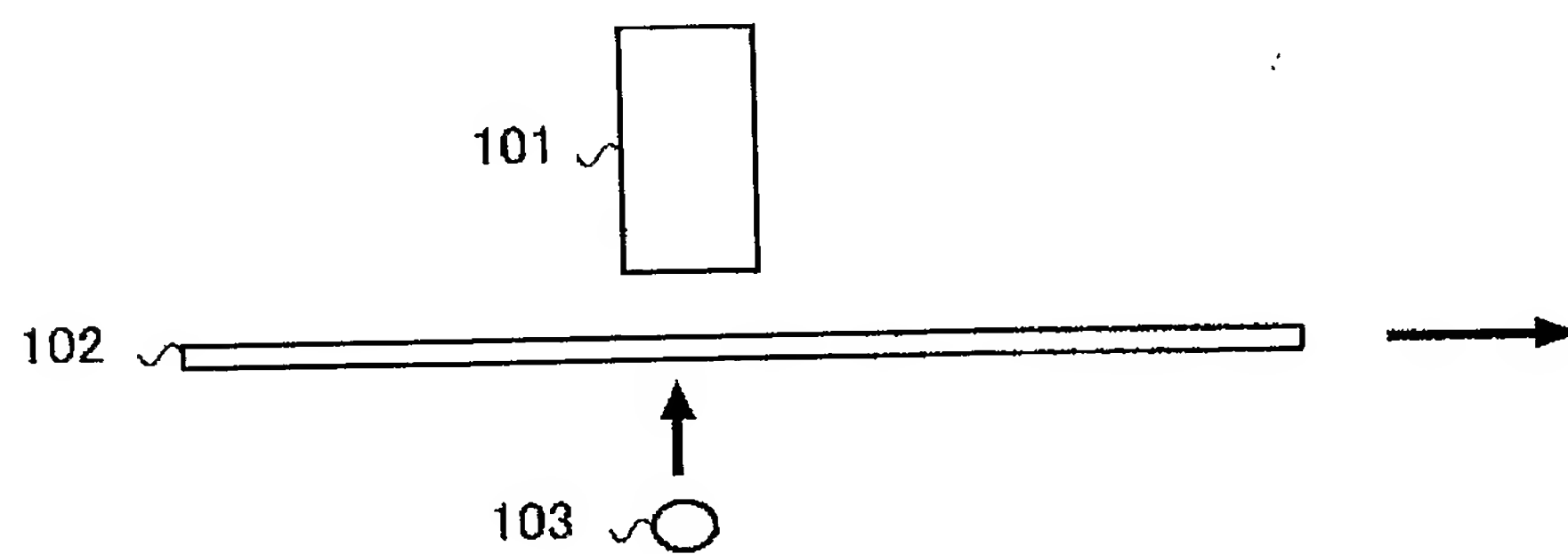
【図 21】



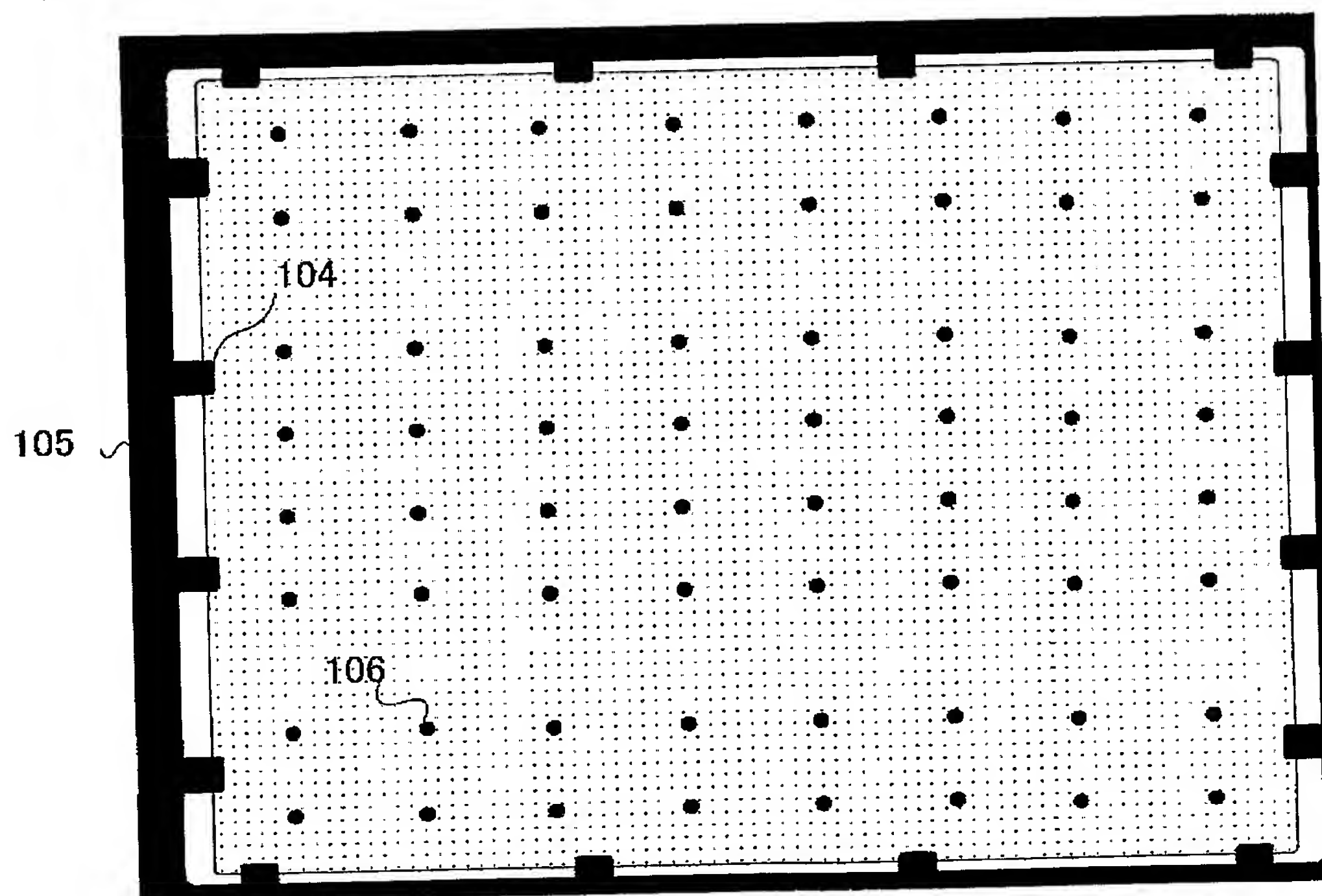
【図 2 2】



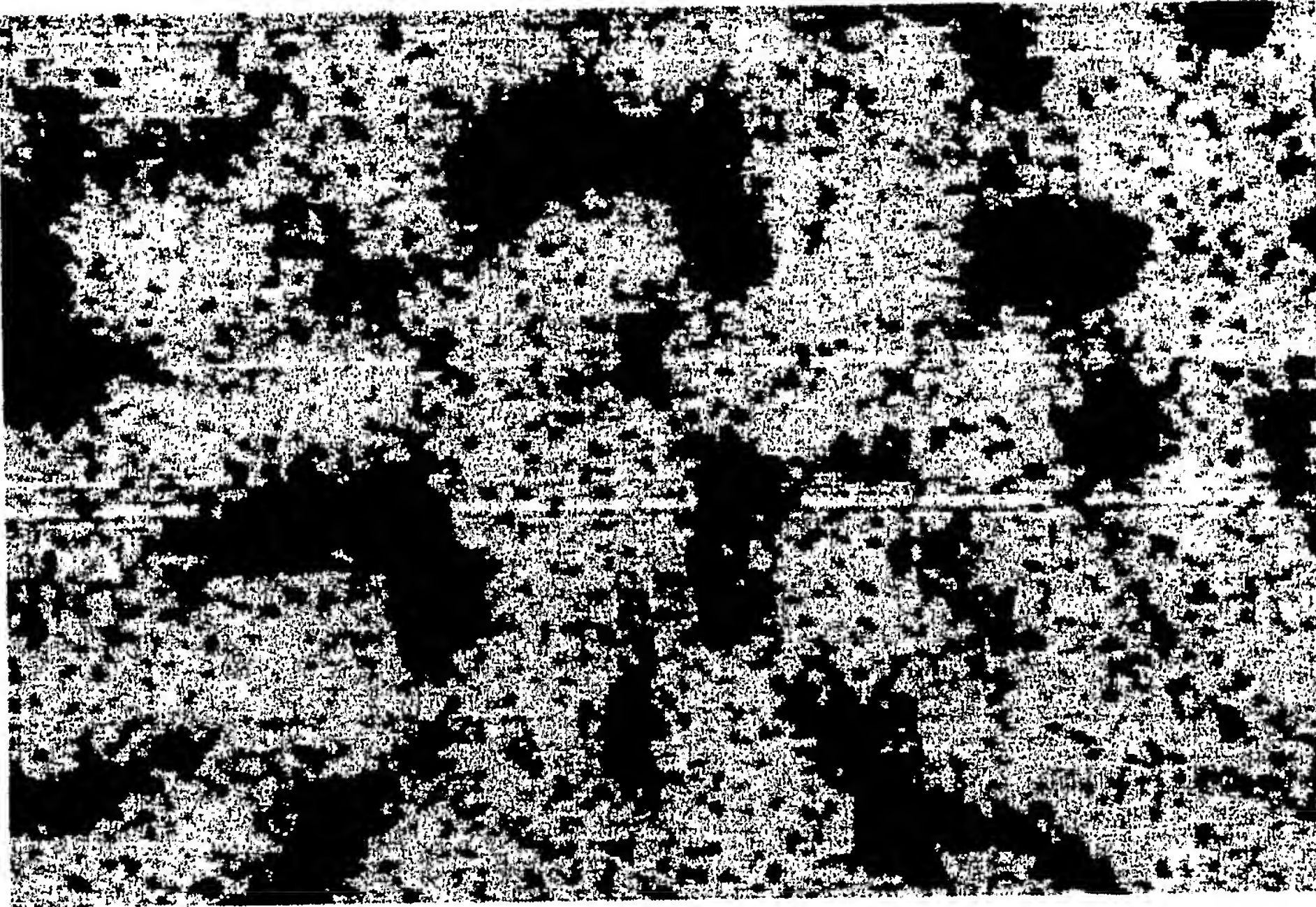
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、アモルファスシリコン膜から多結晶シリコン膜への結晶化を行うレーザ処理工程のレーザパワーをより最適値に合わせて、性能品質の向上した多結晶シリコン膜を安定して製造する方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明に係る半導体装置の製造方法により、図 2 のフローに示すように、レーザ処理工程 1 3 で、S P C 工程 1 2 処理後の基板の中から抜き取られたモニタ基板に、異なるレーザパワーで、異なる場所にレーザ処理を行い、基板全領域に多結晶シリコン膜を形成した後、最適パワー検査抽出工程 1 4 でモニタ基板上に形成された膜質の異なる多結晶シリコン膜を検査装置で測定し、レーザパワーの最適値が求められ、レーザ処理工程 1 3 で後続の S P C 工程処理後の基板表面に、最適なレーザパワーに設定されたレーザが照射され、基板全領域で高品質な多結晶シリコン膜が製造される。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 4 - 0 6 0 5 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
新規登録
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
シャープ株式会社